



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC096599

DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
DAERAH SURABAYA DENGAN METODE SISTEM GANDA  
(*DUAL SYSTEM*) DAN METODE PELAKSANAAN BALOK  
DAN PLAT LANTAI

KHOIRUNNISA CAHYA ANGGANI  
NRP 3113 041 037

Dosen Pembimbing  
Ir. Srie Subekti., MT.  
NIP 19560520 198903 2 001

PROGRA STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC096599**

**DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
DAERAH SURABAYA DENGAN METODE SISTEM GANDA  
(*DUAL SYSTEM*) DAN METODE PELAKSANAAN BALOK  
DAN PLAT LANTAI**

**KHOIRUNNISA CAHYA ANGGANI  
NRP 3113 041 037**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Srie Subekti., MT.  
NIP 19560520 198903 2 001**

**PROGRA STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**





**FINAL PROJECT - RC096599**

**THE STRUCTURE OF HOTEL DESIGN FOR BUILDING IN  
SURABAYA AREA BY DUAL SYSTEM METHOD AND  
CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB**

**KHOIRUNNISA CAHYA ANGGANI  
NRP 3113 041 037**

**Supervisor Lecturer  
Ir. Srie Subekti., MT.  
NIP 19560520 198903 2 001**

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF VACATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

**DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
DAERAH SURABAYA DENGAN METODE SISTEM  
GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN METODE PELAKSANAAN  
BALOK DAN PLAT LANTAI**

### **PROYEK AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Terapan  
Pada  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, Juli 2017

Disusun Oleh :  
MAHASISWA



**KHOIRUNNISA CAHYA ANGGANI**

**NRP. 3113 041 037**

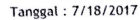
**DOKTERAN PEMBIMBING**




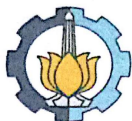
**IR. SRI SUBEKTI., MT.**

**NIP. 19560520 198903 2 001**

26 JUL 2017



Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		
	Ir. Sri Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	- NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 KHOIRUNNISA CAHYA A 2  
NRP : 1 3113041037 2  
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI DAERAH SURABAYA  
DENGAN METODE SISTEM GANDAN (DUAL SYSTEM) DAN METODE PELAKSANAAN  
BALOK DAN PLAT LANTAI  
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	13 Februari '17	- Hitung Manual dan cocokkan dengan Hasil SAP				
				B	C	K
2.	22 Februari '17	- Coba mutu beton diganti (yang ada di SAP)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Beban angin ambil yang terbesar				
				B	C	K
3.	2 Maret '17	- Disambi dengan menghitung tebal plat lantai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Laporan diperbaiki				
				B	C	K
4.	16 Maret '17	- Buat dinding Geser di bagian lift		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dinding geser				
				B	C	K
5.	29 Maret '17	- Dipakai Pmin		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bandingkan Momen di SAP sama di PBT				
		- Kolom coba dirubah jadi persegi				
		$b = \frac{2}{3}h$		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.dipontarasail-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 KHORUNISA CAHYA . A

2

: 1 3130411037

2

: DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI DAERAH SURABAYA  
DENGAN METODE SISTEM GANDA (DUAL SYSTEM) DAN METODE PELAKSANAAN  
BALOK DAN PLAT LANTAI

Dosen Pembimbing

: Ir. Srie Subekti, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	6 April 2017	1. Kontrol retak di plat atap 2. Coba balok ukuran 40/70	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
7.	21 April 2017	1. Coba ec' kolom: 35 MB 2. Kontrol Balok pakai diagram iterasi	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
8	4 Mei 2017	1. Munculkan Gambar L.D.1 2. Balok Anak dilanjutkan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
9.	12 Mei 2017	1. Hitung panjang kaitnya 2. Perbaiki Laporan dan kata-katanya 3. Foto	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
10.	22 Mei 2017	1. Keterangan ditulis rumusnya 2. Sloof di hitung seperti balok 3. Laporan standar	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
11	16 Mei 2017	1. Lambang Plat Lantai diganti 2. Diantar tidak ada notasi	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

**“DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
DAERAH SURABAYA DENGAN METODE SISTEM  
GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN METODE PELAKSANAAN  
BALOK DAN PLAT LANTAI”**

**Nama Mahasiswa** : Khoirunnisa Cahya Anggani  
**NRP** : 3113041037  
**Jurusan** : Diploma IV Departemen  
Infrastruktur Sipil – Fakultas Vokasi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Srie Subekti., MT.  
**NIP** : 19560520 198903 2 001

**ABSTRAK**

Desain struktur Hotel yang diasumsikan akan dibangun di daerah Surabaya dan direncanakan memiliki 12 lantai. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT) diketahui bahwa hotel akan dibangun diatas kelas situs tanah lunak dan termasuk dalam kategori desain seismik D sehingga perencanaan struktur menggunakan metode Sistem Ganda (*Dual System*).

Perhitungan dan gempa mengacu pada peraturan yang berlaku. Proses dalam perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, permodelan struktur, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, serta cek persyaratan elemen struktur. Untuk analisa gempa dalam perancangan ini digunakan desain respon spektrum. Tujuan dari Tugas akhir ini adalah mampu merencanakan struktur gedung beton bertulang dengan metode sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013.

Dari hasil perhitungan, dimensi struktur atas terdiri dari pelat lantai dengan tebal 12 cm, dimensi balok induk 40 cm x 70 cm, dimensi balok anak 30 cm x 60 cm, dimensi kolom 80 cm x 80 cm, tebal dinding geser 30 cm, dan dimensi sloof 40 cm x 70 cm.

**Kata kunci : Beton Bertulang, Kategori Desain Seismik,  
Sistem Ganda**

# **“THE STRUCTURE OF HOTEL DESIGN FOR BUILDING IN SURABAYA AREA BY DUAL SYSTEM METHOD AND CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB”**

**Name** : Khoirunnisa Cahya Anggani  
**NRP** : 3113041037  
**Departement** : DIV Departement of Civil  
Infrastructure – Faculty of Vocation  
**Supervisor** : Ir. Srie Subekti., MT.  
**NIP** : 19560520 198903 2 001

## **ABSTRACT**

The structure design which is assumed will be built in Surabaya area and planned to have 12 floors. The result of Standart Penetration Test (SPT) being known that hotel will be build on the soft soil and included to the category of D seismic design. So, it does a plan using dual system method.

the calculation and earthquakes refer to the applicable regulation. Processes in structural includes load analysis, structural modeling, inner force analysis, reinforcement calculation, checks for the requirement of the structural element. For the seismic anaysis in this design is used to the spectrum response. The purpose of this final project is able to plan the structure of reinforced concrete building by dual system method based on SNI 1726:2012, SNI 1727: 2013, and SNI 2847: 2013.

By the calculation, the upper structure dimensio consists of platform by 12 cm thick, the dimension of the main beam is 40 cm x 70 cm, the dimension of the beam is 30 cm x 60 cm, the column dimension is 80 cm x 80 cm, the shear wall tickness is 30 cm, and sloof 40 cm x70 cm.

**Keywords: Reinforced Concrete, Seismic Design Category, Dual System**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Penulis ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Desain Struktur Hotel untuk dibangun di Daerah Surabaya dengan Metode Sistem Ganda (*Dual System*) dan Metode Balok dan Plat Lantai”** dapat terselesaikan.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, saudara-saudara, dan teman terdekat sebagai penyemangat terbesar yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
2. Ibu Ir. Srie Subekti., MT. selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir Terapan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan.
3. Bapak Dr. Machsus, ST, MT, selaku coordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
4. Para dosen penguji yang telah memberikan masukan.

Penulis sadari dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis ucapkan mohon maaf bila masih terdapat kekurangan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR NOTASI .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Permasalahan.....	2
1.3    Tujuan Masalah .....	2
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Ganda ( <i>Dual System</i> ).....	5
2.2 Struktur Bangunan Gedung .....	6
2.3 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	8
2.3.1 Persyaratan Komponen Struktur Lentur SRPMK .....	13
2.3.2 Persyaratan Komponen Struktur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial .....	18
2.3.3 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom (Join) .....	25
2.4 Dinding Geser (Shearwall) .....	28
2.4.1 Konsep Gaya Dalam.....	30

2.4.2 Perencanaan Terhadap Beban Lentur dan Aksial .....	30
2.3.3 Komponen Batas Khusus (KBK) .....	31
BAB III METODOLOGI .....	33
3.1 Pengumpulan Data.....	34
3.1.1 Data Umum Proyek .....	34
3.1.2 Data Tanah.....	35
3.1.3 Data Gambar.....	35
3.2 Preliminary Design Beton .....	35
3.3 Analisa Pembebanan Struktur .....	35
3.4 Permodelan Struktur .....	36
3.5 Analisa Hasil .....	36
3.5.1 Kontrol Periode Fundamental.....	37
3.5.2 Kontrol Simpangan Antar Struktur.....	37
3.5.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa .....	37
3.6 Perhitungan Penulangan Elemen Struktur Beton .....	38
3.7 Cek Persyaratan Elemen Struktur Beton .....	38
3.8 Metode Pekerjaan .....	38
3.8.1 Tahap Persiapan Balok dan Pelat Lantai .....	39
3.8.2 Tahap Pekerjaan Balok dan Palat Lantai.....	39
3.8.3 Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai .....	39
3.9 Gambar Perencanaan .....	39
BAB IV PRELIMINARY DESIGN.....	41
4.1 Data Desain Preliminary.....	41
4.2 Preliminary Desain Balok.....	41
4.2.1 Balok Induk (B1) .....	43

4.2.2 Balok Anak (B2) .....	43
4.2.3 Balok Kantilever (BK) .....	44
4.3 Preliminary Desain Kolom .....	45
4.4 Preliminary Dimensi Sloof .....	45
4.5 Preliminary Desain Pelat .....	46
4.6 Preliminary Desain Dinding Geser (Shear Wall) .....	56
BAB V ANALISA PEMBEBANAN .....	57
5.1 Beban Gravitasi .....	57
5.1.1 Beban Mati (D) .....	57
5.1.2 Beban Hidup (LL) .....	57
5.1.3 Beban Angin .....	58
5.2 Beban Gempa .....	59
5.3 Kombinasi Pembebanan .....	68
BAB VI ANALISA PERMODELAN .....	71
6.1 Permodelan struktur dengan SRPM .....	71
6.2 Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa .....	71
6.3 Analisis Modal Analisis dan Ragam Analisis .....	71
6.4 Faktor Skala Gaya Gempa dengan Respon Spektrum <i>SAP 2000</i> untuk SRPM .....	72
6.5 Kontrol Periode Fundamental (SRPM) .....	72
6.6 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda ( <i>Dual System</i> ) .....	75
6.7 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum <i>SAP 2000</i> untuk Sistem Ganda .....	76
6.8 Kontrol Periode Fundamental Sistem Ganda .....	77
6.9 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur .....	81

6.9.1 Kontrol Dual Sistem.....	84
6.10 Kontrol Simpangan Antar Lantai .....	85
<b>BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>	<b>87</b>
7.1 Perhitungan struktur pelat lantai.....	87
7.1.2 Data Perencanaan pada pelat lantai .....	87
7.1.3 Beban Pada Pelat .....	88
7.1.4 Perhitungan Momen-Momen Pelat Lantai.....	88
7.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai.....	89
7.2 Perhitungan Struktur Tangga.....	98
7.2.1 Pembebanan Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes .....	100
7.2.2 Analisis Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes .....	101
7.2.3 Analisa Penulangan Pelat Tangga .....	106
7.2.4 Analisa Perhitungan Pelat Bordes .....	109
7.3 Desain Balok Bordes .....	112
7.3.1 Pembebanan Balok Bordes.....	112
7.3.2 Perhitungan Penulangan Lentur.....	114
7.3.3 Perhitungan Tulangan Geser .....	121
7.3.4 Kontrol Retak pada Balok Bordes .....	123
7.4 Desain Balok Anak.....	124
7.4.1 Data-data perencanaan tulangan balok .....	124
7.4.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari <i>SAP 2000</i> .....	126
7.4.3 Syarat Komponen Struktur Lentur .....	127
7.4.4 Perhitungan Tulangan Lentur .....	128
7.4.5 Perhitungan Tulangan Geser .....	139

7.4.6 Perhitungan Penulangan Puntir .....	142
7.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	146
7.4.8 Kontrol Retak pada Balok Anak.....	149
7.5 Desain Balok <i>Lift</i> .....	150
7.5.1 Data-data perencanaan tulangan balok.....	150
7.5.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari <i>SAP 2000</i> .....	151
7.5.3 Syarat Komponen Struktur Lentur .....	153
7.5.4 Perhitungan Tulangan Lentur .....	153
7.5.5 Perhitungan Tulangan Geser .....	164
7.5.6 Perhitungan Penulangan Puntir .....	167
7.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	172
7.4.8 Kontrol Retak pada Balok Anak.....	175
BAB VIII ANALISA STRUKTUR BANGUNAN PRIMER...	177
8.1 Umum.....	177
8.2 Desain Balok Induk (Balok Utama) .....	177
8.2.1 Data-data perencanaan tulangan balok.....	177
8.2.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari <i>SAP 2000</i> .....	179
8.2.3 Syarat Komponen Struktur Lentur .....	180
8.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur .....	181
8.2.5 Perhitungan Tulangan Sengkan untuk Gaya Geser	197
8.2.6 Perhitungan Penulangan Puntir .....	201
8.2.7 <i>Cut-off points</i> .....	206
8.2.8 Kontrol Retak Pada Balok Induk.....	210
8.3 Desain Kolom.....	211



8.3.1 Data Perencanaan Kolom .....	212
8.3.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari <i>SAP 2000</i> .....	212
8.3.3 Cek Syarat Kolom .....	213
8.3.4 Cek Konfigurasi Penulangan.....	213
8.3.5 Cek Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	213
8.3.6 Perhitungan tulangan transversal sebagai <i>confinement</i> .....	217
8.3.7 Desai Tulangan Geser.....	218
8.3.8 Sambungan Lewatan.....	221
8.4 Desain Hubungan Balok-Kolom SRPMK.....	221
8.4.1 Cek Syarat Panjang Joint.....	221
8.4.2 Tulangan Transversal untuk <i>Confinement</i> .....	222
8.4.3 Perhitungan Gaya Geser pada Join.....	222
8.5 Desain Dinding Geser ( <i>Shearwall</i> ).....	223
8.5.1 Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horizontal ..224	
8.5.2 Perhitungan Baja Tulangan untuk Menahan Geser ..225	
8.5.3 Perencanaan Dinding Geser terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur .....	226
8.5.4 Kebutuhan Komponen Batas Khusus ( <i>Special Boundary Element</i> ).....	227
8.5.5 Tulangan Longitudinal daerah <i>Special Boundary Element</i> .....	228
8.5.6 Tulangan <i>Confinement Shearwall</i> .....	228
BAB IX METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PLAT LANTAI .....	231
9.1 Umum.....	231

9.2 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) .....	231
9.3 Tahap Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai ....	231
9.4 Tahap Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai ....	232
9.5 Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai .....	237
9.6 Pembongkaran Bekisting .....	237
9.7 Perawatan ( <i>curing</i> ) .....	237
9.8 Durasi Waktu .....	238
BAB X PENUTUP .....	247
10.1 Kesimpulan .....	247
10.2 Saran .....	249
DAFTAR PUSTAKA .....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva desain respons spektrum.....	13
Gambar 2. 2 Kekuatan Dimensi Penampang Balok.....	14
Gambar 2. 3 Persyaratan Tulangan Lentur.....	15
Gambar 2. 4 Persyaratan Sambungan Lewatan.....	15
Gambar 2. 5 Persyaratan Tulangan Transversal.....	16
Gambar 2. 6 Geser Desain untuk Balok dan Kolom .....	18
Gambar 2. 7 Persyaratan Geometri Kolom .....	19
Gambar 2. 9 Kekekangan Senggang tertutup.....	22
Gambar 2. 10 Tulangan Transversal Kolom .....	23
Gambar 2. 11 Geser Rencana untuk Kolom.....	25
Gambar 2. 12 Hubungan Balok-Kolom.....	26
Gambar 2. 13 Perhitungan $V_u$ pada Hubungan Balok-Kolom....	27
Gambar 2. 14 Rasio tulangan longitudinal untuk kondisi pembatas dinding tipikal .....	32
 Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	 34
Gambar 3. 2 Tampak Depan Gedung perhotelan .....	34
 Gambar 4. 1 Denah Balok .....	 42
Gambar 4. 2 Detail Balok yang ditinjau.....	42
Gambar 4. 3 Pelat yang ditinjau .....	47
Gambar 4. 4 Potongan Melintang Balok Interior .....	48
Gambar 4. 5 Potongan melintang balok eksterior .....	49
Gambar 4. 6 Balok B1 (40/60) .....	49
Gambar 4. 7 Balok B2 (30/40) .....	51
Gambar 4. 8 Balok B3 (35/50) .....	52
Gambar 4. 9 Balok eksterior (40/60).....	54
 Gambar 5. 1 Peta untuk $S_s$ .....	 59
Gambar 5. 2 Peta untuk $S_1$ .....	60
Gambar 5. 3 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum .....	65
Gambar 5. 4 Grafik Respons Spektrum.....	68

Gambar 6. 1 Permodelan SRPM pada <i>SAP 2000</i> .....	71
Gambar 6. 2 Form Input untuk Analisa Modal <i>SAP 2000</i> .....	72
Gambar 6. 3 Faktor Skala Gaya.....	72
Gambar 6. 4 Modal Load Participation Ratio.....	74
Gambar 6. 5 Periode dari Program <i>SAP 2000</i> .....	74
Gambar 6. 6 Permodelan <i>Dual System</i> pada <i>SAP 2000</i> .....	75
Gambar 6. 7 Denah Rencana Lokasi <i>Shear Wall</i> .....	76
Gambar 6. 8 Faktor Skala Gaya $E_x$ .....	77
Gambar 6. 9 Faktor Skala Gaya $E_y$ .....	77
Gambar 6. 10 Modal Load Participation Ratio.....	79
Gambar 6. 11 Hasil Periode dari <i>SAP 2000</i> .....	80
Gambar 6. 12 Hasil <i>SAP</i> Beban mati, Beban mati tambahan, dan Beban hidup.....	82
Gambar 6. 13 <i>Base Reaction</i> dari Program <i>SAP 2000</i> .....	83
Gambar 6. 14 Base Reaction dari <i>SAP 2000</i> setelah dimasukkan perbesaran.....	84
Gambar 7. 1 Detail Pelat Lantai .....	87
Gambar 7. 2 Detail Tangga Tampak Samping .....	98
Gambar 7. 3 Denah Tangga Lantai 1.....	99
Gambar 7. 4 Detail Tangga.....	99
Gambar 7. 5 Detail Tangga Metode Cross .....	102
Gambar 7. 6 Balok Anak yang ditinjau .....	125
Gambar 7. 7 Luasan Acp.....	142
Gambar 7. 8 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart .....	148
Gambar 7. 9 Detail Penulangan Balok Anak.....	150
Gambar 7. 10 Balok Lift yang ditinjau.....	151
Gambar 7. 11 Rekapitulasi tulangan balok <i>lift</i> .....	164
Gambar 7. 12 Luasan Acp.....	167
Gambar 7. 13 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart .....	174
Gambar 7. 14 Detail Balok <i>Lift</i> .....	175
Gambar 7. 15 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart .....	209

Gambar 8. 1 Gambar Denah Balok yang Ditinjau .....	178
Gambar 8. 2 Luasan Acp dan Aoh .....	201
Gambar 8. 3 Sketsa Lokasi Penampang dengan momen 218,41 kNm.....	207
Gambar 8. 4 Detail Penulangan Balok Induk.....	210
Gambar 8. 5 Denah kolom yang ditinjau.....	211
Gambar 8. 6 Penampang Balok dan Pelat untuk Menentukan Tinggi Efektif .....	214
Gambar 8. 7 Diagram interaksi kolom pada program bantu <i>SPColumn</i> .....	216
Gambar 8. 8 Nilai $M_{nc}$ pada kolom .....	216
Gambar 8. 9 Diagram Interaksi Dinding Geser (SW1) .....	226
 Gambar 9. 1 <i>Jack Base</i> dan <i>U-head</i> .....	 232
Gambar 9. 2 Pemasangan Balok Suri .....	233
Gambar 9. 3 Balok siku pada bekisting balok.....	233
Gambar 9. 4 Balok suri pada bagian pelat.....	234
Gambar 9. 5 <i>Plywood</i> pada bagian pelat .....	234
Gambar 9. 6 Detail Penjangkaran pada penulangan balok .....	236
Gambar 9. 7 Kaki Ayam pada tulangan pelat lantai.....	236
Gambar 9. 8 Denah Balok dan Plat Lantai 2.....	238
Gambar 9. 9 Tabel Produktivitas Pekerjaan Balok dan Plat .....	238
Gambar 9. 10 Perbandingan Indeks Bekisting .....	239
Gambar 9. 11 Perbandingan Indeks Penulangan.....	239
Gambar 9. 12 Spesifikasi <i>concrete pump</i> .....	243

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Awal Perencanaan Desain Balok .....	45
Tabel 5. 1 Tahap Beban Angin pada Bangunan Gedung .....	58
Tabel 5. 2 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726-2012 Tabel 2) .....	59
Tabel 5. 3 Analisa Hasil Data Borlog.....	60
Tabel 5. 4 Klasifikasi Situs (SNI 03-1726-2012 Tabel 3).....	61
Tabel 5. 5 Koefisien Situs Fa (SNI 03-1726-2012 Tabel 4).....	62
Tabel 5. 6 Koefisien Situs Fv (SNI 03-1726-2012 Tabel 5) .....	63
Tabel 5. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726-2012 Tabel 6).....	64
Tabel 5. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 s (SNI 03-1726-2012 Tabel 7).....	64
Tabel 5. 9 Tabel Respons Spektrum.....	66
Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ (SNI 1726-2012, Tabel 14) .....	73
Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung (SNI 1726-2012, Tabel 14) .....	74
Tabel 6. 3 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ (SNI 1726-2012, Tabel 14) .....	78
Tabel 6. 4 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung (SNI 1726-2012, Tabel 14) .....	79
Tabel 6. 5 Rekapitulasi Nilai $C_s$ .....	82
Tabel 6. 6 Presentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa....	84
Tabel 6. 7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X .....	86
Tabel 6. 8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y .....	86
Tabel 7. 1 Tabel hasil momen dengan koefisien momen dan dari hasil SAP 2000 .....	89
Tabel 7. 2 Tabel Metode Cross Tangga.....	103



Tabel 7. 3 Rekapitulasi Momen pada Tangga ..... 106

## DAFTAR NOTASI

$A_c$	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
$p$		( $\text{mm}^2$ )
$A_c$	=	Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok –
$v$		kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_g$	=	Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	=	Luas bersih penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_l$	=	Luas total tulangan longitudinal penahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_o$	=	Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser
		( $\text{mm}^2$ )
$A_o$	=	Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan
$h$		sengkan ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	=	Luas tulangan tarik non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_s'$	=	Luas tulangan tekan non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_t$	=	Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak $s$
		untuk menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_v$	=	Luas tulangan geser pada daerah sejarak $s$ atau Luas
		tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan
		lentur tarik dalam suatu daerah sejarak $s$ pada
		komponen struktur lentur tinggi ( $\text{mm}^2$ )
$b$	=	Lebar daerah tekan komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )
$b_w$	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat
		( $\text{mm}$ )
$C$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral ( $\text{mm}$ )
$C_c'$	=	Gaya pada tulangan tekan
$C_s'$	=	Gaya tekan pada beton
$d$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
		( $\text{mm}$ )
$d_b$	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand
		prategang ( $\text{mm}$ )
$D$	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang
		berhubungan dengan beban mati
$Ex$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam
		yang berhubungan dengan gempa arah X.

$E_y$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y.
$E_c$	=	Modulus elastisitas beton (MPa)
$I_b$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
$I_p$	=	Momen Inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto plat
$f_c'$	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
$f_y$	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
$f_{vy}$	=	Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
$f_{ys}$	=	Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
$h$	=	Tinggi total dari penampang
$h_n$	=	Bentang bersih kolom
$L_n$	=	Bentang bersih balok
$M_u$	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
$N_u$	=	Beban aksial terfaktor
$P_c$	=	Keliling luar penampang beton (mm)
$p$	=	
$P_b$	=	Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
$P_c$	=	Beban kritis (N)
$Ph$	=	Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
$P_u$	=	Beban aksila terfaktor
$s$	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan

	(mm)
$T_n$	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
$T_u$	= Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
$V_c$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_s$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
$x$	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
$\alpha$	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari plat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
$\alpha_m$	= Nilai rata-rata $\alpha$ untuk semua balok tepi dari suatu panel
$\beta$	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari plat dua arah
$\delta_s$	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpanan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai mahasiswa semester akhir pada Program Studi Diploma IV Teknik Sipil, mata kuliah tugas akhir terapan adalah mata kuliah wajib yang harus diselesaikan oleh mahasiswa semester akhir agar dapat lulus tahap diploma IV. Mata kuliah ini berisi tentang tugas yang harus diselesaikan dalam satu semester sebelum pelaksanaan sidang Tugas Akhir Terapan. Untuk memenuhi standar kompetensi sebagai Diploma IV Teknik Sipil, maka salah satu kemampuan yang harus dimiliki mahasiswa adalah perancangan struktur bangunan bertingkat. Agar standar kompetensi tersebut dapat tercapai penulis mengambil bidang perancangan struktur gedung bertingkat dengan struktur beton bertulang sebagai topik Tugas Akhir Terapan.

Perancangan struktur merupakan unsur yang penting pada pembangunan suatu gedung agar kuat, aman, stabil, dan awet terlebih pada saat terjadi gempa tinggi pada struktur tersebut. Oleh karena itu, suatu bangunan harus dirancang secara khusus berkaitan dengan keadaan gempa yang terjadi di Indonesia saat ini. Dalam perancangan struktur beton bangunan bertingkat dengan berbagai resiko kegempaan yang akan terjadi disetiap lokasi dan fungsi bangunan yang akan dirancang, maka terdapat beberapa metode yang dapat diterapkan dalam perancangan struktur bangunan agar dapat menahan beban gempa tinggi, salah satu metodenya adalah Sistem Ganda (*Dual System*).

Sistem ganda (*Dual System*) ini memiliki tiga ciri dasar. Pertama, rangka ruang lengkap berupa sistem rangka pemikul momen (SRPM) yang penting berfungsi memikul beban gravitasi. Kedua pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding geser dan sistem rangka pemikul momen (SRPM) dimana SRPM harus secara tersendiri sanggup memikul sedikitnya 25% dari beban geser nominal  $V$ . Ketiga, dinding geser dan SRPM direncanakan untuk menahan beban  $V$  secara proposional berdasarkan kekakuan relatifnya. (R. Purwono). Dinding geser ialah dinding yang terbuat dari beton bertulang dimana tulangan tersebut akan menerima gaya lateral terhadap gempa sebesar beban yang direncanakan.

Pada Tugas Akhir ini penulis akan mendesain struktur Hotel untuk dibangun di Surabaya. Gedung hotel tersebut diasumsikan memiliki 12 Lantai, tinggi bangunan 42 m, serta luas bangunan  $1250\text{m}^2$ . Struktur bangunan ini didesain dengan menggunakan material beton bertulang dan menggunakan metode Sistem Ganda (*Dual System*). Pedoman perhitungan perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia adalah SNI 2847:2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung”, SNI 1727:2013 “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”, dan SNI 1726:2012 “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Permasalahan yang ditinjau dalam desain struktur Hotel adalah :

1. Bagaimana menentukan letak *Shearwall* yang paling efisien pada Desain Struktur Hotel di Surabaya yang didesain dengan menggunakan Sistem Ganda.
2. Bagaimana merencanakan elemen struktur Dinding Geser.

## **1.3 Tujuan Masalah**

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui letak *Shearwall* yang paling efisien pada Desain Struktur Hotel di Surabaya 12 lantai yang didesain dengan menggunakan Sistem Ganda.
2. Mengetahui cara merencanakan elemen struktur Dinding Geser.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir modifikasi srtuktur gedung ini adalah :

1. Tidak membandingkan kecepatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi gedung.
2. Tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi.
3. Dalam perencanaan struktur memperhitungkan struktur atas dan tidak memperhitungkan pondasi dan pilecap
4. Dalam gedung utama atap dengan plat beton.
5. Tidak memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembangunan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing, dan sebagainya.
6. Perencanaan struktur bangunan terdiri dari 12 lantai.

#### **1.5 Manfaat**

Diharapkan dengan berakhirnya Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam bidang Teknik Sipil, yaitu:

1. Dapat memberikan contoh penggunaan metode Sistem Ganda (*Dual System*) dalam perencanaan suatu gedung bertingkat.
2. Dapat memahami disiplin ilmu dan menambah wawasan secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang beton bertulang tahan gempa yang mengacu pada SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Di dalam tinjauan pustaka berikut ini akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan dalam perencanaan struktur Hotel Santika dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser (*Shearwall*).

Peraturan terkait yang digunakan dalam perhitungan struktur gedung Hotel Santika adalah:

1. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
3. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

#### **2.2 Sistem Ganda (*Dual System*)**

Sistem ganda (*Dual System*) adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing. (SNI 1726:2012) Dinding geser sendiri adalah dinding yang terbuat dari beton bertulang yang didesain untuk menerima gaya lateral gempa sebesar beban yang telah direncanakan.

Rangka pemikul momen pada sistem ganda harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proposional terhadap kekakuannya. (SNI 1726:2012)

## 2.2 Struktur Bangunan Gedung

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriterianya. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung.

- Struktur bangunan gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan yang terdaftar pada SNI 1726:2012 tabel 10 harus dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal.
- Struktur bangunan gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan yang terdaftar pada SNI 1726:2012 tabel 11 harus dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur vertikal.

Tabel 2. 1 Ketidakberaturan horizontal pada struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan torsi</b> didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakberaturan torsi berlebihan</b> didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	<b>Ketidakberaturan sudut dalam</b> didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma</b> didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F
4.	<b>Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang</b> didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel13 12.2.2	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	<b>Ketidakberaturan sistem nonparalel</b> didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya gempa.	7.5.3 7.7.3 Tabel13 12.2.2	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 10)

Tabel 2. 2Ketidakberaturan vertikal pada struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 60 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 13	D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 60 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 13	E dan F D, E, dan F
2.	<b>Ketidakberaturan Berat (Massa)</b> didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150 persen massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 13	D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan Geometri Vertikal</b> didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130 persen dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.	Tabel 13	D, E, dan F
4.	<b>Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal</b> didefinisikan ada jika pegeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 13	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	<b>Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 60 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 13	E dan F D, E, dan F
5b.	<b>Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebihan</b> didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat tingkat adalah kuat total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 13	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 11)

Berikut adalah tabel proses analisis yang sesuai dengan tipe bangunan :

Tabel 2. 3 Prosedur Analisis yang Boleh digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayar respons seismik Pasal 11
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakteraturan horisontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakteraturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN1: Dijinkan, TI: Tidak Dijinkan

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 13)

### 2.3 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). SRPMK akan menggunakan konsep *Strong Column and Weak Beam* (Kolom kuat dan balok lemah). Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk kategori Desain Seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk kategori Desain Seismik C, dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk kategori Desain Seismik D atau E

1. Menentukan Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3, SNI 1726:2012 berdasarkan data SPT dan didapatkan klasifikasi situs berupa SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (Tanah Sedang), SE (tanah lunak), dan SF (tanah khusus). Berdasarkan data tanah yang didapat termasuk dalam tanah lunak (SE) dengan hasil N SPT 12.

Setelah mengetahui klasifikasi situs, maka perlu untuk menentukan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$ .

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Dimana  $F_a$  dan  $F_v$  adalah koefisien situs yang ditentukan berdasarkan tabel 4 dan 5 SNI 1726:2012, sedangkan  $S_s$  dan  $S_1$  adalah parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek dan periode 1,0 detik yang didapatkan dari Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010.  $S_s$  dan  $S_1$  dalam peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010 disesuaikan dengan perencanaan gempa 500 tahun, 1000 tahun, dan 2500 tahun.

## 2. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung Tabel 1 SNI 1726:2012 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  pada tabel 2 SNI 1726:2012. Modifikasi perencanaan Hotel Santika sesuai fungsing sebagai Hotel termasuk dalam kategori resiko II dan faktor keutamaan  $I_e$  sebesar 1,0.

Tabel 2. 4 Kategori Desain Risiko

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa  
Kategori risiko                      Faktor keutamaan gempa,

	$I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 3. Respon Spektrum Disain

Bila respon spektrum desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva respon spektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

- Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$



- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a = S_{DS}$
- c. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Dimana,

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik harus ditentukan dari persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x$$

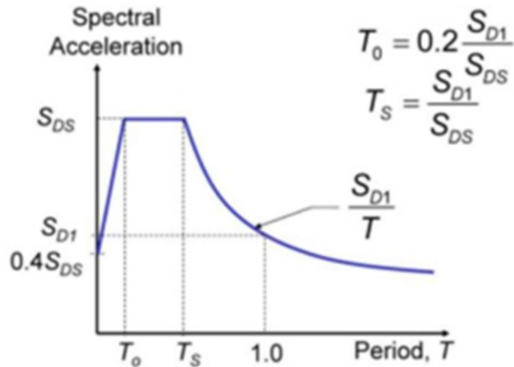
Dimana :

$h_n$  = ketinggian struktur

$C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15 SNI 1726:2012

Tabel 2. 6 Tabel  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75



gambar 2. 1 Kurva desain respons spektrum

## 2.3.1 Persyaratan Komponen Struktur Lentur SRPMK

### 2.3.1.1 Persyaratan Gaya dan Geometri

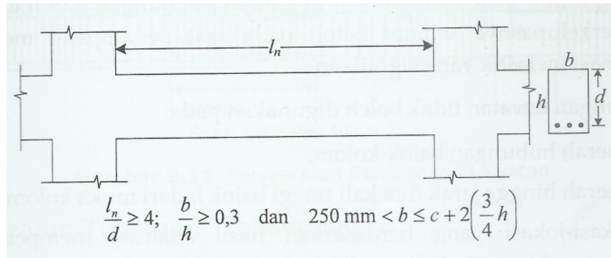
Persyaratan yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6 berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor ( $P_u$ )

$$P_u < 0,1 A_g f_c'$$

Dimana,  $A_g$  = Luas penampang komponen struktur

Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh komponen lentur adalah :

- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.
- Lebar penampang haruslah  $\geq 250$  mm.
- Lebar penampang haruslah  $\leq$  lebar kolom ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang tidak melebihi  $\frac{3}{4}$  tinggi komponen struktur lentur. Persyaratan ini terkait dengan transfer momen akibat gempa dari elemen struktur balok ke kolom. (Perhatikan gambar 2.2)



gambar 2. 2 Kekuatan Dimensi Penampang Balok

### 2.3.1.2 Persyaratan Tulangan Lentur

Beberapa persyaratan tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada perencanaan komponen lentur SRPMK, (menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.2) yaitu:

- Masing-masing tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari tulangan minimum yang dipersyaratkan yaitu,

$$\frac{0,25 bw d \sqrt{f'c}}{f_y} \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 bw d}{f_y}$$

Dimana,

$bw$  = lebar penampang komponen lentur

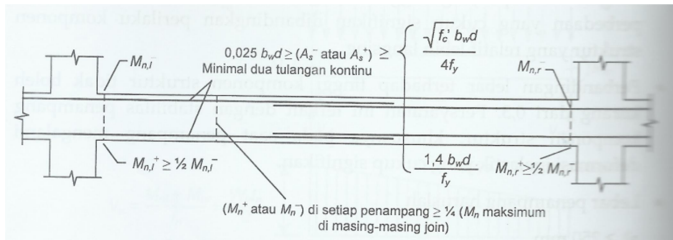
$d$  = tinggi penampang komponen lentur

Rasio tulangan lentur  $\leq 0,025$ . Selain itu pada penampang harus terpasang secara menerus minimum dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah.

- Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya

$$M_n, I^+ \geq 0,5 M_n, I^-$$

Kuat lentur negatif dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kuat lentur terbesar pada bentang tersebut. (Perhatikan gambar 2.3)



gambar 2. 3 Persyaratan Tulangan Lentur

- Sambungan lewatan untuk penyambungan tulangan lentur harus diberi tulangan spiral atau sengkang tertutup disepanjang sambungan tersebut (lihat gambar 2.4). Pemasangan tulangan spiral atau sengkang tertutup ini penting untuk mengekang beton di daerah sambungan dan mengantisipasi terkelupasnya selimut beton pada saat penampang mengalami deformasi inelastik yang signifikan.
- Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada:
  - a. Daerah hubungan balok – kolom
  - b. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok  $h$  dari muka kolom
  - c. Lokasi-lokasi yang berdasarkan hasil analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis struktur portal bangunan.

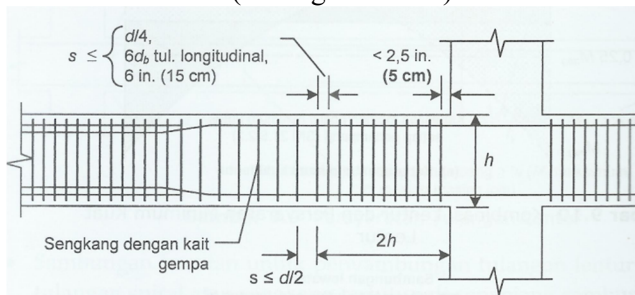


gambar 2. 4 Persyaratan Sambungan Lewatan

### 2.3.1.3 Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada komponen lentur dibutuhkan terutama untuk menahan geser, mengekang daerah inti penampang beton, dan menyediakan tahanan lateral bagi batang-batang tulangan lentur dimana tegangan leleh dapat terbentuk. Beberapa persyaratan harus dipenuhi untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup, adalah :

- Sengkang tertutup harus dipasang pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan. Dan disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi: (SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2)
  - a.  $d/4$ ,
  - b. enam kali diameter terkecil tulangan longitudinal (memanjang),
  - c. 150 mm (Lihat gambar 2.5)



gambar 2. 5 Persyaratan Tulangan Transversal

### 2.3.1.4 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur Lentur

Kuat geser perlu  $V_e$ , untuk perencanaan geser bagi komponen struktur lentur SRPMK harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada komponen struktur antara dua muka tumpuan

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$

Dimana,

$V_e$  = gaya geser ultimit balok akibat gempa

$M_{pr1}$  = *probable moment* di perletakan 1 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

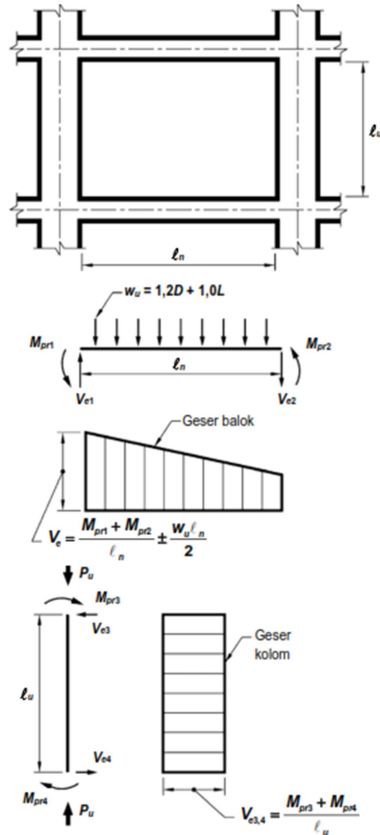
$M_{pr2}$  = *probable moment* diperletakan 2 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

$W_u$  = pengaruh beban gravitasi =  $1,2D + 1,0L$

$l_n$  = panjang bentang bersih balok

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur harus memenuhi:

- Arah gaya geser  $V_e$  tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen-momen ujung.
- Momen-momen ujung  $M_{pr}$  berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar  $1,25 f_y$  adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. (kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam)
- Momen ujung  $M_{pr}$  untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen-momen yang dihasilkan oleh  $M_{pr}$  balok-balok yang merangka ke dalam *joint* balok-kolom.  $V_e$  tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.



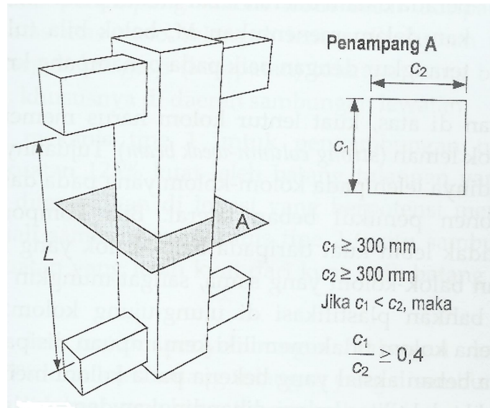
gambar 2. 6 Geser Desain untuk Balok dan Kolom  
(Sumber :SNI 2847:2013 Gambar S21.5.4)

## 2.3.2 Persyaratan Komponen Struktur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

### 2.3.2.1 Persyaratan Geometri

Komponen struktur yang dibahas adalah komponen kolom. Yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial. Besarnya beban aksial terfaktor  $> 0,1 A_g f_c'$ . Persyaratan geometri yang harus dipenuhi:

1. Ukuran penampang  $\geq 300$  mm
2. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.  
(Lihat gambar 2.7)



gambar 2. 7 Persyaratan Geometri Kolom

### 2.3.2.2 Perencanaan Lentur

Kuat Lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan kolom kuat – balok lemah (*String column – Weak Beam*). Berdasarkan Sni 2847:2013 pasal 21.6.2.2 didapat ketentuan:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

Dengan,

$\Sigma M_{nc}$  = Jumlah kekuatan lentur nominanl kolom yang merangka pada hubungan balok kolom. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\Sigma M_{nb}$  = Jumlah kekuatan lentur nominal yang merangka kehubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada dalam daerah lebar efektif pelat harud diperhitungkan dalam



menentukan momen nominal balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.12, lebar slab efektif sebagai sayap balok-T tidak boleh melebihi:

- Delapan kali lebih tebal plat
- Setengah jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan.

Untuk balok dengan plat pada satu sisi saja (balok tepi) tidak boleh melebihi:

- Seperduabelas dari bentang balok
- Enam kali tebal plat
- Setengah jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan.

### 2.3.2.3 *Persyaratan tulangan transversal*

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 bahwa jumlah tulangan spiral atau engkang tertutup yang dipasang di daerah-daerah tertentu kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Rasio volume tulangan spiral atau engkang bulat

$$\rho_s = 0,12 \left( \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \right)$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_s}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{c'}}{f_{yt}}$$

- Luas penampang tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

Untuk potongan penampang yang arah normalnya searah sumbu x

$$A_{shx} = 0,3 \left( s b c x \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

dan

$$A_{shx} = 0,09 \left( s b c x \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \right)$$

Untuk potongan penampang yang arah normalnya searah sumbu y

$$A_{shy} = 0,3 \left( s b_{cy} \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

dan

$$A_{shy} = 0,09 \left( s b_{cy} \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \right)$$

dengan,

$A_{shx}$  = Luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi  $b_{cx}$

$A_{shy}$  = Luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi  $b_{cy}$

s = Spasi tulangan transversal

$b_{cx}$  = Dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu x, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar

$b_{cy}$  = Dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu y, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar

$A_g$  = Luas bruto penampang kolom

$A_{ch}$  = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang tertutup

$A_c$  = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan spiral

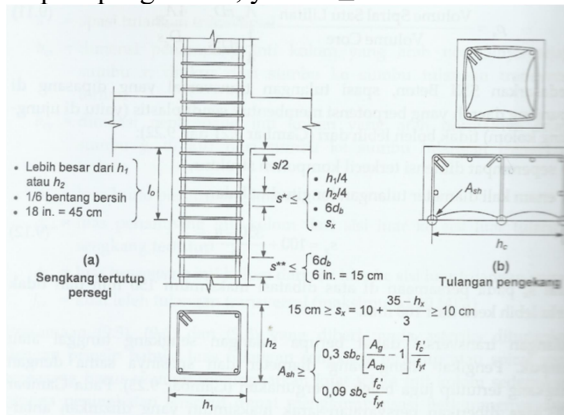
$f_{yt}$  = Kuat leleh tulangan transversal (maksimum 700 Mpa)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, spasi tulangan transversal yang dipasang disepanjang daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (diujung-ujung kolom) tidak boleh lebih dari :

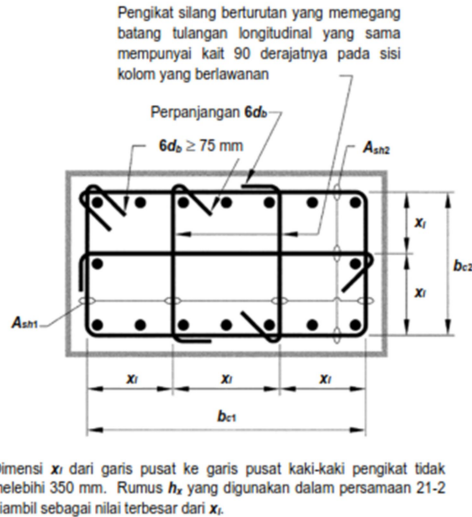
- Seperempat dimensi terkecil komponen struktur
- Enam kali diameter tulangan longitudinal
- $S_x = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$

Dengan,  $100 \text{ mm} \leq S_x \leq 150 \text{ mm}$

Tulangan transversal dapat berupa tulangan sengkang tunggal atau tumpuk. Pengikat silang yang diameter dan spasinya sama dengan sengkang tertutup juga boleh dipergunakan (lihat gambar 2.8). Pada Gambar 2.8 juga diberikan persyaratan jarak maksimum yang diizinkan antar tulangan longitudinal kolom yang diberi penopang lateral, yaitu  $x \leq 350 \text{ mm}$



gambar 2. 8 Kekekangan Sengkang tertutup



gambar 2. 9 Tulangan Transversal Kolom

Sumber : SNI 2847:2013 Gambar S21.6.4.2)

Daerah-daerah pada kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis, yang harus dipasang tulangan transversal dengan luasan dan spasi sesuai ketentuan sebagai berikut:

- Sepanjang  $l_0$  dari setiap muka hubungan balok-kolom
- Sepanjang  $l_0$  pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk leleh lentur (sendi plastis) akibat deformasi lateral inelastis pada struktur rangka.
- Sepanjang daerah sambungan lewatan tulangan longitudinal kolom
- Ke dalam kepala fondasi sejauh minimum 300 mm

Panjang  $l_0$  dalam hal ini ditentukan tidak kurang dari :

- Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
- Seperenam (1/6) bentang bersih struktur kolom
- 450 mm

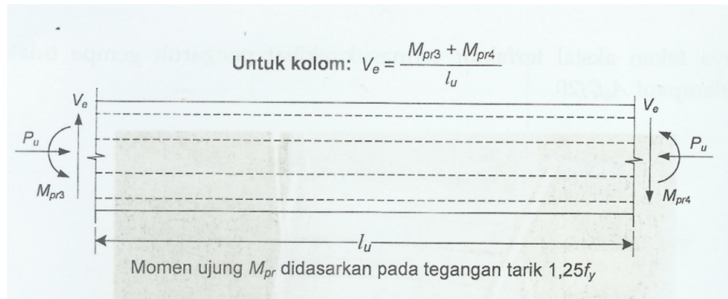
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, apabila gaya-gaya aksial terfaktor pada kolom akibat beban gempa melampaui  $0,1 A_g f_c'$  dan gaya aksial tersebut berasal dari komponen struktur lainnya yang sangat kaku maka batasan tersebut harus ditingkatkan menjadi  $A_g f_c'/4$ .

#### 2.3.2.4 Perencanaan Geser

Gaya geser rencana,  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (*joints*) disetiap ujung komponen struktur (Gambar 2.10). Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin,  $M_{pr}$  disetiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor,  $P_u$  yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $M_{pr}$  komponen struktur transversal yang merangka kedalam joint. Dalam semua kasus  $V_u$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur. (SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1)

Perencanaan tulangan transversal yang dipasang di sepanjang daerah  $l_0$ , untuk menahan gaya geser  $V_e$ , harus dilakukan dengan menganggap  $V_c = 0$  bila :

- Gaya geser akibat beban gempa yang dihitung sesuai dengan  $M_{pr}$  mewakili 50% atau lebih kuat geser perlu maksimum pada bagian disepanjang  $l_0$ .
- Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melampaui  $A_g f_c'/20$

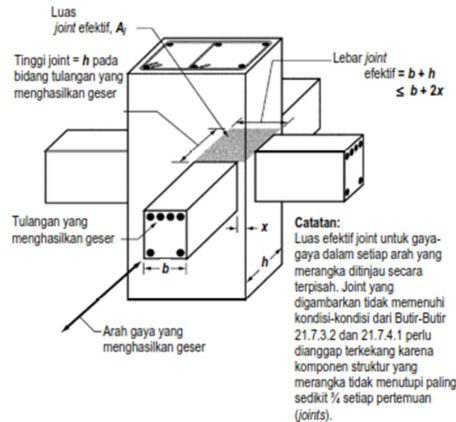


gambar 2. 10 Geser Rencana untuk Kolom

### 2.3.3 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom (Join)

Persyaratan umum yang berlaku untuk joint balok-kolom rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.7 adalah :

- Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  **$1,25f_y$** .
- Tulangan longitudinal balok yang dihentikan dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka jauh inti kolom terkekang dan diangkur dalam kondisi tarik
- Bila tulangan balok menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok minimal harus 20 kali diameter tulangan balok longitudinal untuk beton normal.
- Untuk beton ringan, dimensi minimumnya adalah 26 kali diameter.



gambar 2. 11 Hubungan Balok-Kolom

### 2.3.3.1 Tulangan Transversal

Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga di daerah hubungan balok-kolom, kecuali bila hubungan tersebut dikekang oleh komponen-komponen struktur balok yang merangka padanya. Bila da balok-balok yang lebarnya  $\frac{3}{4}$  kali lebar kolom merangka pada keempat sisi HBK maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah join hanyalah  $\frac{1}{2}$  dari yang dipasang di daerah sendi plastis kolom. Tulangan transversal ini harus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan tersebut. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150 mm.

### 2.3.3.2 Kuat Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4, Untuk beton berat normal,  $V_n$  joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan dibawah ini :

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka

$$1,7 \sqrt{f'c} \cdot A_j$$

- b. Untuk join yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau dua muka yang berlawanan

$$1,2 \sqrt{f'c'} \cdot A_j$$

- c. Untuk kasus-kasus lainnya

$$1,0 \sqrt{f'c'} \cdot A_j$$

Gaya geser horizontal di HBK dapat dihitung sebagai berikut :

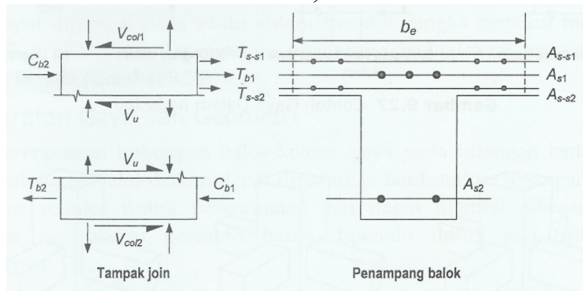
$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col1}$$

Dengan,

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s-s1} + A_{s-s2})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y$$

$$\alpha = 1,25$$



gambar 2. 12 Perhitungan Vu pada Hubungan Balok-Kolom

Pengankuran tulangan lentur balok di daerah join dapat dilakukan dengan tuangan berkait atau tanpa kait, tergantung pada ketersediaan *space* di daerah join. Bila digunakan tulangan berkait maka panjang penyalurannya ditetapkan sebagai berikut:

- Untuk tulangan D10 mm – 36 mm, panjang penyaluran  $l_{dh}$  untuk tulangan tarik dengan kait standar  $90^\circ$  dalam beton normal (lihat gambar 2.11)
- Tidak boleh diambil lebih kecil dari  $8d_b$ , 150 mm, dan nilai yang ditentukan oleh persamaan: (Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.7.5)

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \sqrt{f'c'}}$$



- Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk D 10mm – 36 mm, panjang penyaluran tarik tidak boleh diambil lebih kecil dar:
  - a. 2,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm
  - b. 3,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut melebihi 300 mm.

## 2.4 Dinding Geser (Shearwall)

Bangunan tinggi umumnya menggunakan elemen-elemen strukur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya, yaitu :

- *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$  dan desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.
- *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$  dan desainnya dikontrol oleh perilaku geser.
- *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Dinding struktural yang umumnya digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever dan dinding geser berangkai. Berdasarkan SNI 1726:2012 (BSN, 2012), dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem strukur gedung yang fungsi utamanya untuk memikul beban geser akibat

pengaruh gempa rencana. Kerusakan pada dinding ini hanya boleh terjadi akibat momen lentur (bukan akibat gaya geser), melalui pembentukan sendi plastis di dasar dinding. Nilai momen leleh pada dasar dinding tersebut dapat mengalami pembesaran akibat faktor kuat lebih bahan. Jadi berdasarkan SNI 1726:2012, dinding geser harus direncanakan dengan metode desain kapasitas. Dinding desain kantilever termasuk dalam kelompok *flexural wall*, dimana rasio antar tinggi dan panjang dinding geser tidak boleh kurang dari dua dan dimensi panjangnya tidak boleh kurang dari 1,5 m.

Kerjasama antar sistem rangka penahan momen dan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus dengan dua struktur berbeda sifatnya dan digabungkan. Dari gabungan keduanya diperoleh suatu struktur yang lebih kuat dan ekonomis. Kerjasama ini dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seperti (BSN,2012) :

- a. Sistem rangka gedung, yaitu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Pada sistem ini, beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing. Sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang yang bersifat duktail penuh dapat direncanakan dengan menggunakan bilai faktor modifikasi respon,  $R$ , sebesar 6,0.
- b. Sistem ganda, yang merupakan gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral gempa, dengan memperhatikan interaksi keduanya. Nilai  $R$  yang direkomendasikan untuk sistem ganda yang terdiri

atas sistem dinding geser dengan rangka SRPMK adalah 7.

- c. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka, sistem ini merupakan gabungan dari sistem dinding beton bertulang biasa dan sistem rangka pemikul momen biasa. Nilai  $R$  yang direkomendasikan untuk sistem ini adalah 4,5.

#### 2.4.1 Konsep Gaya Dalam

Menurut konsep ini dinding geser didesain berdasarkan gaya dalam  $V_u$  dan  $M_u$ , yang terjadi akibat beban gempa. Konsep desain dinding geser berdasarkan gaya dalam ini mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.9.  $V_u$  harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban terfaktor. Dinding Struktur harus memenuhi :

$$V_n = A_{cv} \left( \alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right)$$

Dimana :

$A_{cv}$  = Luas penampang total dinding struktural

$\alpha_c$  = 0,25 untuk  $h_w/l_w \leq 1,5$  ;  
0,17 untuk  $h_w/l_w \geq 2$

$\lambda$  = faktor modifikasi yang merefleksikan pengurangan properti mekanis beton ringan (relatif terhadap beton normal)

$\rho_t$  = rasio penulangan arah horisontal (transversal)

Apabila,  $h_w/l_w > 2$  maka  $\rho_l > \rho_t$

dengan,  $\rho_l$  = penulangan longitudinal

$\rho_t$  = penulangan lateral

#### 2.4.2 Perencanaan Terhadap Beban Lentur dan Aksial

Beton dan tulangan longitudinal dalam daerah lebar efektif sayap dinding (dinding T, I , atau L), komponen batas, dan badan dinding harus dianggap efektif dalam menahan beban

lentur yang bekerja. Berdasarkan SNI beton, lebar efektif sayap dinding yang dianggap efektif menahan beban lentur adalah setebal badan dinding ditambah nilai terkecil dari setengah jarak bersih antara dinding-dinding yang bersebelahan atau seperempat tinggi total dinding.

### 2.3.3 Komponen Batas Khusus (KBK)

Komponen batas pada suatu dinding merupakan bagian pada tepi-tepi dinding yang diperkuat secara khusus. Kebutuhan komponen batas di tepi-tepi dinding struktural harus dievaluasi berdasarkan persyaratan (a) atau (b) dibawah ini : (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6), yaitu :

- a. Kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi  $0,2 f_c'$

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu \cdot y}{I} > 0,2 f_c'$$

Cara ini disebut sebagai pendekatan tegangan. Batasan tegangan tekan  $0,2 f_c'$  pada dasarnya dianggap sebagai batas tegangan tekan minimum dimana beton sudah harus di kekang.

- b. Jarak c dari serat terluar zona kompresi lebih besar dari :

$$c > \frac{lw}{600 \left( \frac{\delta u}{hw} \right)}$$

Dimana,

$$\frac{\delta u}{hw} > 0,007$$

Cara ini disebut sebagai pendekatan perpindahan.

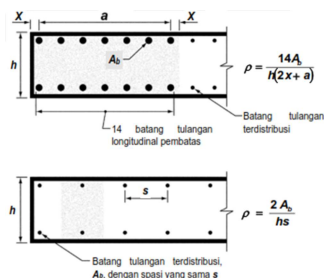
Bila komponen batas diperlukan, ketentuan berikut ini harus dipenuhi :

- Komponen batas harus menerus secara horizontal dari sisi serat tekan terlentur sejarak tidak kurang dari  $(c - 0,1 lw)$  dan  $c/2$ . Dimana c adalah tinggi sumbu netral terbesar yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor dan kekuatan momen nominal yang konsisten dengan  $\delta u$ .

- Dalam penampang bersayap (*flanged*), elemen pembatas harus mencakup lebar sayap (*flange*) efektif dalam kondisi tekan dan harus menerus paling sedikit 300 mm kedalam badan (*web*)
- Tulangan horizontal pada dinding harus diangkur di dalam inti beton yang terkekang pada komponen batas agar tulangan horizontal tersebut dapat mengembangkan kuat lelehnya,  $f_y$

Bila komponen batas tidak diperlukan, ketentuan berikut ini harus dipenuhi : ( SNI 2847:2013)

- Bila rasio tulangan utama pada tepi dinding melebihi  $2,8/f_y$ , maka harus dipasang tulangan transversal pada daerah tepi dinding sesuai dengan ketentuan tulangan transversal kolom. Spasi maksimum tulangan transversal tersebut  $< 200$  mm.
- Kecuali bila  $V_u$  pada bidang dinding  $< 0.083 A_{cv} \lambda \sqrt{f_c}$ , tulangan horizontal yang berhenti pada tepi dinding struktur tanpa elemen pembatas harus memiliki kait standart yang memegang tulangan tepi atau tulangan tepi harus dilingkupi dalam sengkang U yang memiliki ukuran dan spasi yang sama seperti, dan disambung lewatkan ke, tulangan horizontal.



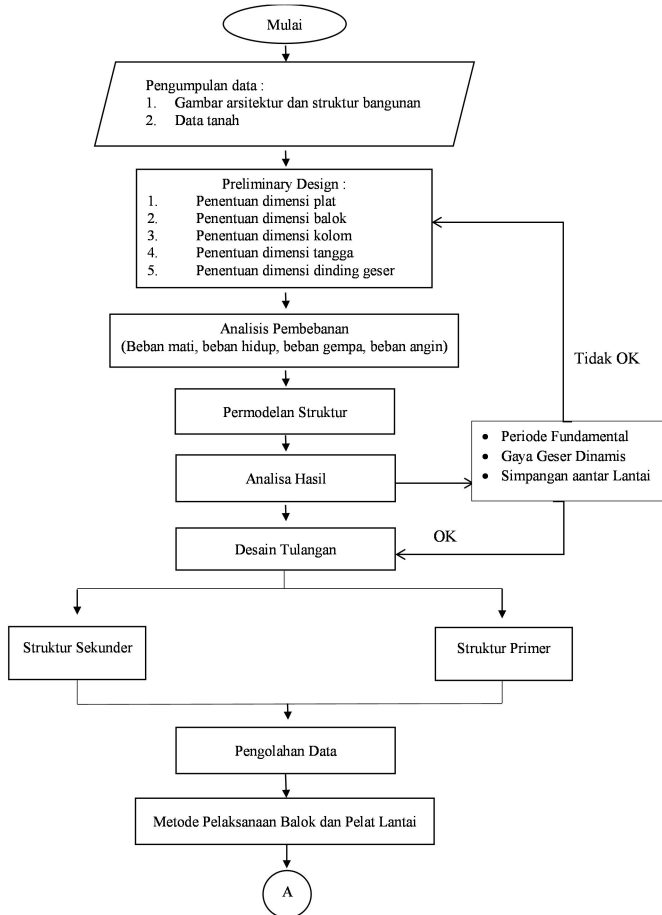
gambar 2. 13 Rasio tulangan longitudinal untuk kondisi pembatas dinding tipikal

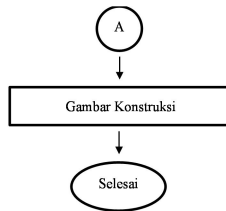
(Sumber gambar : SNI 2847:2013 Gambar S21.9.6.5)

### BAB III

## METODOLOGI

Metodologi dalam Perencanaan Struktur Hotel Santika dengan menggunakan Metode Sistem Ganda (*Dual System*) adalah mengikuti bagan alir sebagai berikut:





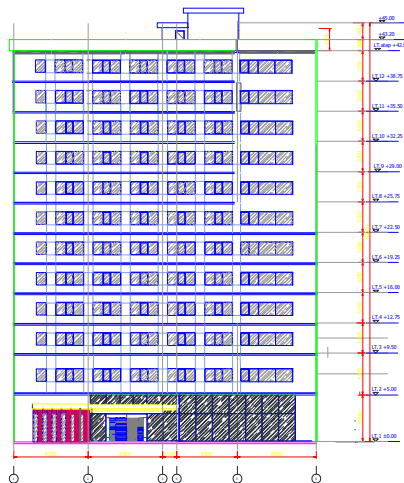
gambar 3. 1 Diagram Alir

### 3.1 Pengumpulan Data

Data perencanaan meliputi :

#### 3.1.1 Data Umum Proyek

Fungsi Bangunan	: Hotel
Luas Bangunan	: 1250 m <sup>2</sup>
Jumlah Lantai	: 12 Lantai
Lokasi Bangunan	: Surabaya
Tinggi gedung	: 42 meter
Material Struktur	: Beton Bertulang
Sistem Struktur	: Sistem Ganda



Gambar 3. 2 Tampak Depan Gedung perhotelan

### 3.1.2 Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang didapatkan dari TESTANA ENGINEERING, INC. Data tanah berupa data SPT yang akan dipakai dalam perencanaan dan perhitungan pondasi bor pile.

### 3.1.3 Data Gambar

Data gambar meliputi gambar denah, gambar tampak, gambar potongan, dan gambar detail yang digunakan untuk memperjelas dimensi komponen struktur yang berasal dari proyek.

## 3.2 Preliminary Design Beton

Penentuan dimensi komponen struktur beton meliputi :

1. Struktur primer : balok, kolom, dan dinding geser
2. Struktur sekunder : tangga, pelat lantai, dan pelat atap

## 3.3 Analisa Pembebanan Struktur

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan plat atap
  - a. Beban Mati  
Terdiri dari berat pelat sendiri, aspal, plafond dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik
  - b. Beban Hidup  
Beban pelaksana
2. Pembebanan pada plat lantai
  - a. Beban Mati  
Terdiri dari berat sendiri plat, spesi, keramik, plafond dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik
  - b. Beban Hidup  
Beban hidup ditentukan dalam SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain
3. Pembebanan pada tangga dan bordes
  - a. Beban Mati



Terdiri dari berat sendiri plat tangga/bordes, anak tangga, spesi, *railling hand*, dan keramik

b. Beban Hidup

Beban Hidup ditentukan dalam SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain

4. Beban Gempa

Analisa beban gempa menggunakan desain respons spektrum

5. Beban Angin

Beban Angin ditentukan dalam SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain

### 3.4 Permodelan Struktur

Permodelan struktur dalam perencanaan Hotel Santika ini menggunakan program bantu analisis struktur. (SAP 2000)

### 3.5 Analisa Hasil

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program analisis struktur. Kombinasi yang dipakai untuk pembebanan pada program analisis struktur adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati:
  - a.  $1,4D$
  - b.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
2. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan mati:
  - c.  $1,2D + 1,0L + 1,6W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
  - d.  $0,9 \pm 1,6W$
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati:
  - e.  $1,2D + 1,0L \pm 1,0E$
  - f.  $0,9D \pm 1,0E$

Keterangan :

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

W : Beban Angin

E : Beban Gempa  
R : Beban Air Hujan

### 3.5.1 Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur pendekatan

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan :

$h_n$  = Tinggi Struktur (m)

Koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dalam tabel 15 SNI 1726:2012

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar,

$$T_{a_{atas}} = C_u \cdot T_a$$

Koefisien  $C_u$  ditentukan dalam table 14 SNI 1726:2012

### 3.5.2 Kontrol Simpangan Antar Struktur

$$\delta x = \frac{\delta x_e \cdot C_d}{I_e}$$

Keterangan :

$C_d$  = faktor amplifikasi (SNI 1726:2012 Tabel 9)

$\Delta x_e$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

### 3.5.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Penentuan koefisien  $C_u$  adalah :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Harus tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$V_{\text{statis}} = C_s \cdot W_t$$

### 3.6 Perhitungan Penulangan Elemen Struktur Beton

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 dengan memperhatikan standart penulangan-penulangan serta menggunakan data-data yang diperoleh dari *output* program analisis struktur. Perhitungan penulangan dilakukan pada elemen struktur yakni : balok (ketentuan-ketentuan 21.3.4), kolom (ketentuan-ketentuan 21.3.5), dan dinding geser (ketentuan-ketentuan 21.9). Langkah perhitungannya secara garis besar dijelaskan sebagai berikut :

1. Dari *output* program analisis struktur diperoleh gaya geser, momen lentur, torsi dan gaya aksial
2. Perhitungan kebutuhan tulangan
3. Kontrol kemampuan dan cek persyaratan

### 3.7 Cek Persyaratan Elemen Struktur Beton

1. Plat
  - Kontrol jarak spasi tulangan
  - Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu
  - Kontrol perlu tulangan susut dan suhu
  - Kontrol Lendutan
2. Balok
  - Kontrol  $M_n \geq M_n$  untuk penulangan lentur
  - Kontrol penulangan geser yang terdiri dari 6 kombinasi
3. Kolom
  - Kontrol momen yang terjadi  $M_{\text{perlu}} \geq M_n$
4. Hubungan Balok-Kolom (HBK)
  - Perhitungan Geser di Join
  - Cek Kuat Geser
5. Dinding Geser (*Shearwall*)
  - Kontrol Penulangan Geser
  - Cek diperlukannya Komponen Batas Khusus (KBK)

### 3.8 Metode Pekerjaan

Dalam Tugas Akhir Terapan ini metode pelaksanaan yang akan dibahas adalah metode pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai.

### **3.8.1 Tahap Persiapan Balok dan Pelat Lantai**

1. Pekerjaan Pengukuran
2. Pembuatan Bekisting
3. Pabrikasi Besi

### **3.8.2 Tahap Pekerjaan Balok dan Palat Lantai**

1. Pembeskitngan Balok dan Pelat Lantai
2. Pengecekan Bekisitng
3. Pembesian Balok dan Pelat Lantai
4. Pengecekan Pembesian

### **3.8.3 Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai**

1. Administrasi Pengecoran
2. Proses Pengecoran Balok dan Pleat Lantai
3. Pembongkaran Bekisting
4. Perawatan (*curing*)

## **3.9 Gambar Perencanaan**

Gambar perencanaan meliputi :

1. Gambar arsitektur terdiri dari :
  - Gambar denah
  - Gambar tampak (tampak depan dan tampak samping)
2. Gambar struktur terdiri dari :
  - Gambar potongan (potongan memanjang dan melintang)
  - Gambar plat
  - Gambar tangga dan bordes
  - Gambar balok
  - Gambar kolom
  - Gambar sloof
  - Gambar pondasi
3. Gambar penulangan
  - Gambar penulangan plat
  - Gambar penulangan tangga dan bordes
  - Gambar penulangan balok
  - Gambar penulangan kolom
  - Gambar penulangan sloof

- Gambar penulangan poer dan pondasi
- 4. Gambar detail
  - a. Gambar detail panjang penyaluran meliputi
    - Panjang penyaluran plat dan tangga
    - Panjang penyaluran balok
    - Panjang penyaluran kolom
    - Panjang penyaluran sloof
    - Panjang penyaluran pondasi
  - b. Gambar detail penjangkaran tulangan
  - c. Gambar detail pondasi dan poer
  - d. Gambar detail atap

## **BAB IV**

### **PRELIMINARY DESIGN**

#### **4.1 Data Desain Preliminary**

Bahan yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Hotel
Letak Bangunan	: Surabaya
Tinggi Bangunan	: 42 m
Mutu Beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ ) Tulangan Longitudinal	: 400 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ ) Tulangan Transversal	: 240 Mpa

#### **4.2 Preliminary Desain Balok**

Dimensi balok ditinjau satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang. Tebal minimum balok dihitung berdasar SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a).

- Balok Induk

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot l$$

- Balok Anak

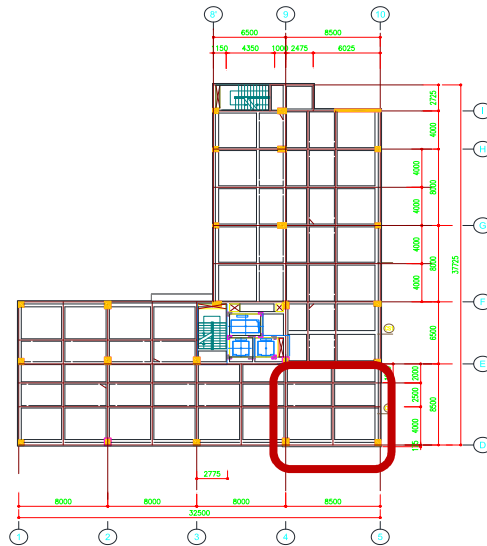
$$h_{min} = \frac{L}{21} \cdot l$$

- Balok Kantilever

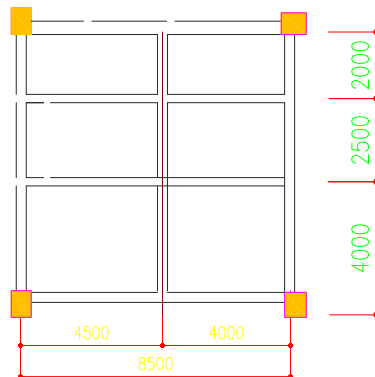
$$h_{min} = \frac{L}{8} \cdot l$$

Ketentuan tebal minimum balok tersebut diikuti dengan beberapa syarat, salah satunya adalah Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

Berikut adalah balok bangunan yang akan ditinjau dalam contoh perhitungan preliminary design balok adalah :



Gambar 4. 1 Denah Balok



Gambar 4. 2 Detail Balok yang ditinjau

#### 4.2.1 Balok Induk (B1)

Dengan Bentang Balok Induk (L) adalah 850 cm dapat diperhitungkan dimensi balok sebagai berikut :

- Tinggi Balok (h)

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot l$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{850}{16} \cdot \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h_{min} = 51,6 \text{ cm}$$

$$h \approx 70 \text{ cm}$$

- Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot 70$$

$$b = 46,67 \text{ cm}$$

$$b \approx 40 \text{ cm}$$

Maka Balok Induk (B1) dengan bentang 850 cm digunakan dimensi balok 40/70 cm.

#### 4.2.2 Balok Anak (B2)

Dengan Bentang Balok Anak (L) adalah 850 cm dapat diperhitungkan dimensi balok sebagai berikut :

- Tinggi Balok (h)

$$h_{min} = \frac{L}{21} \cdot l$$

$$h_{min} = \frac{L}{21} \cdot \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{850}{21} \cdot \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h_{min} = 39,32 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$



- Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot 60$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

Maka Balok Anak (B2) dengan bentang 850 cm direncanakan dimensi balok 30/60 cm.

#### 4.2.3 Balok Kantilever (BK)

Dengan Bentang Balok Anak (L) adalah 193 cm dapat diperhitungkan dimensi balok sebagai berikut :

- Tinggi Balok (h)

$$h_{min} = \frac{L}{8} \cdot l$$

$$h_{min} = \frac{L}{8} \cdot \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{min} = \frac{193}{8} \cdot \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{min} = 23,38 \text{ cm}$$

$$h \approx 30 \text{ cm}$$

- Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot 30$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$b \approx 20 \text{ cm}$$

Maka Balok Induk (BK) dengan bentang 193 cm direncanakan dimensi balok 20/30 cm.

Dari hasil perhitungan perencanaan awal desain balok direkapitulasi pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Awal Perencanaan Desain Balok

<b>Tipe Balok</b>	<b>Bentang (m)</b>	<b>H Pakai (cm)</b>	<b>B Pakai (cm)</b>
Balok Induk (B1)	8,5	70	40
Balok Anak (B2)	8,5	60	30
Balok Kantilever (B3)	1,93	30	20

### 4.3 Preliminary Desain Kolom

Perencanaan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

Kolom

Data Perencanaan :

Tinggi Kolom (L Kolom) : 500 cm

Bentang Balok (L Balok) : 850 cm

Dimensi Balok (b) : 40 cm

Dimensi Balok (h) : 60 cm

Dimensi kolom direncanakan berdasarkan ketentuan ‘kolom kuat dan balok lemah’.

Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Menentukan dimensi kolom, dimana  $b = h$

$$\begin{aligned} \frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} &\geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \\ \frac{\frac{1}{12} h_k \cdot (b_k)^3}{500} &\geq \frac{\frac{1}{12} b_b \cdot (h_b)^3}{850} \\ h_k &= 49,67 \text{ cm} \\ h_k &\approx 80 \text{ cm} \\ b_k &= h_k \\ b_k &= 49,67 \text{ cm} \\ b_k &\approx 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan Dimensi kolom dengan bentang 500 cm adalah 80/80 cm.

### 4.4 Preliminary Dimensi Sloof

Perhitungan dimensi sloof dihitung berdasarkan SNI 03-2847213 tabel 9.5 (a). Termasuk kategori balok tertumpu sederhana dengan tinggi minimum balok sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot l$$

Data-data Perencanaanya adalah sebagai berikut :

Tipe Sloof : BS  
 Bentang Sloof (L) : 850 cm  
 Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa

- Tinggi Soof (h)

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot l$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \cdot \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{min} = \frac{850}{16} \cdot \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{min} = 51,6 \text{ cm}$$

$$h \approx 70 \text{ cm}$$

- Lebar Sloof (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot 70$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$b \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Sloof dengan bentang 850 cm adalah 40/70 cm.

#### 4.5 Preliminary Desain Pelat

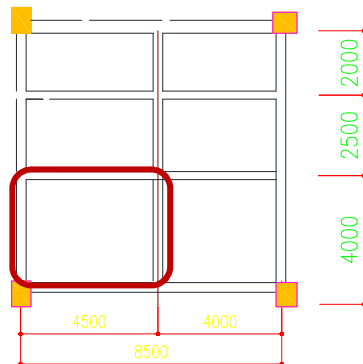
Dalam laporan perhitungan dimensi pelat, cukup ditinjau satu tipe pelat yang mempunyai luasan yang terbesar.

Data Perencanaan :

Type pelat :

Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
Kuat leleh tulangan ( $f_y$ )	: 400 Mpa
Rencana tebal pelat	: 12 cm
Bentang pelat sumbu panjang	: 450
Bentang pelat sumbu pendek	: 400
Balok 1	: 30/40
Balok 2	: 35/50
Balok 3	: 40/60
Balok 4	: 40/60

Gambar Perencanaan :



Gambar 4. 3 Pelat yang ditinjau

Perhitungan Perencanaan

- Menghitung bentang pelat bersih sumbu panjang

$$L_n = L - \frac{b_{balok}}{2} - \frac{b_{balok\ anak}}{2}$$

$$L_n = 450 - \frac{40}{2} - \frac{30}{2}$$

$$L_n = 415 \text{ cm}$$

- Menghitung bentang pelat bersih sumbu pendek

$$L_n = L - \frac{b_{balok}}{2} - \frac{b_{balok\ anak}}{2}$$

$$Ln = 400 - \frac{40}{2} - \frac{30}{2}$$

$$Ln = 365 \text{ cm}$$

Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

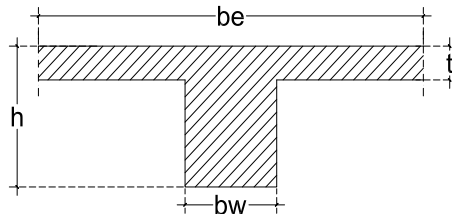
$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{415 \text{ cm}}{365 \text{ cm}} = 1,137 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 8.12(1) dan pasal 8.12(2) disebutkan beberapa kriteria menentukan lebar efektif (be) dari balok T

- Interior
  - Be1 =  $\frac{1}{4} Lb$
  - Be2 =  $8.t$
  - Be3 =  $\frac{1}{2} Lb$

} Beff

Untuk potongan melintang balok T interior terdapat pada gambar dibawah ini :

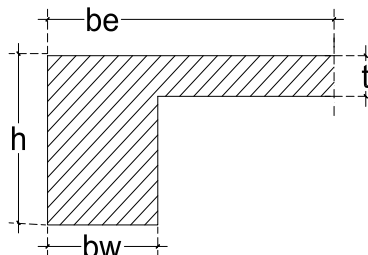


Gambar 4. 4 Potongan Melintang Balok Interior

- Exterior
  - Be1 =  $\frac{1}{12} Lb$
  - Be2 =  $6.t$
  - Be3 =  $\frac{1}{2} Lb$

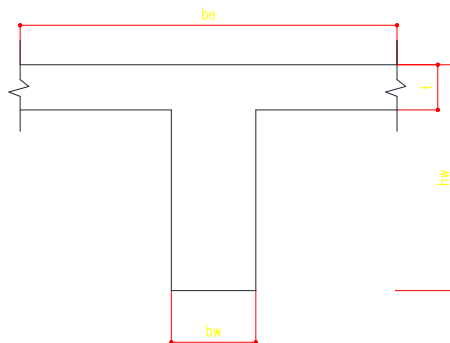
} Beff

Untuk potongan melintang balok T eksterior terdapat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. 5 Potongan melintang balok eksterior

**Menghitung rasio kekakuan**  
**Rasio kekakuan pelat yang dijepit balok induk (40/60)**



Gambar 4. 6 Balok B1 (40/60)

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$h_w = 60 \text{ cm}$$

diasumsikan bahwa tebal pelat 12 cm

$$b_e = b_w + 8 \cdot t = 40 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm}) = 156 \text{ cm}$$

$$b_e = L/4 = 450 \text{ cm} / 4 = 113 \text{ cm}$$

dipakai nilai yang terkecil  $b_e = 113 \text{ cm}$

Faktor modifikasi

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{t}{hw}\right) + 4\left(\frac{t}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)}$$

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,525$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot bw \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,525 \cdot 40 \cdot 60^3$$

$$I_b = 1098234 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = bp \cdot \frac{t^3}{12}$$

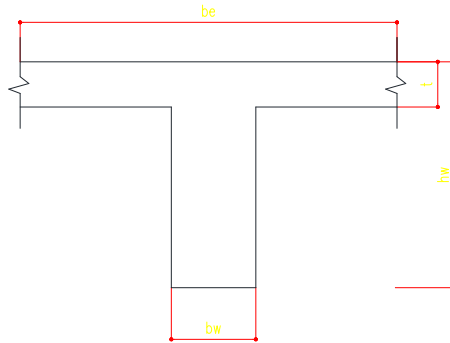
$$I_p = 0,5 (400 + 450) \cdot \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 61200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1098234}{61200} = 17,94$$

**Rasio kekakuan pelat yang dijepit balok anak (30/40)**



Gambar 4. 7 Balok B2 (30/40)

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 40 \text{ cm}$$

diasumsikan bahwa tebal pelat 12 cm

$$b_e = b_w + 8 \cdot t = 30 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm}) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = L/4 = 400 \text{ cm} / 4 = 100 \text{ cm}$$

dipakai nilai yang terkecil  $b_e = 100 \text{ cm}$

Faktor modifikasi

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h_w}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{t}{h_w}\right) + 4\left(\frac{t}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h_w}\right)}$$

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{100}{30} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{40}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right) + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{100}{30} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{100}{30} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,668$$



Momen Inersia Penampang

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot bw \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,668 \cdot 30 \cdot 40^3$$

$$I_b = 266927 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = bp \cdot \frac{t^3}{12}$$

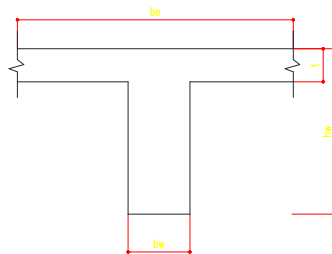
$$I_p = 0,5 (400 + 250) \cdot \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 46800 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{266927}{46800} = 5,7$$

**Rasio kekakuan pelat yang dijepit balok anak (35/50)**



Gambar 4. 8 Balok B3 (35/50)

$$bw = 35 \text{ cm}$$

$$hw = 50 \text{ cm}$$

diasumsikan bahwa tebal pelat 12 cm

$$be = bw + 8 \cdot t = 35 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm}) = 146 \text{ cm}$$

$$be = L/4 = 400 \text{ cm} / 4 = 100 \text{ cm}$$

dipakai nilai yang terkecil  $be = 100 \text{ cm}$

Faktor modifikasi

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{t}{hw}\right) + 4\left(\frac{t}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)}$$

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{100}{35} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{50}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{100}{35} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{100}{35} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$k = 1,5599$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot bw \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,5599 \cdot 35 \cdot 50^3$$

$$I_b = 568712 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

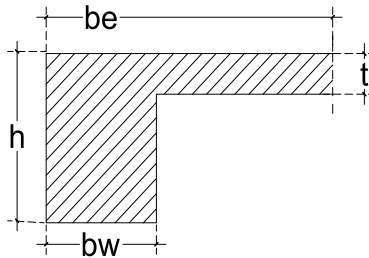
$$I_p = bp \cdot \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5 (450 + 400) \cdot \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 61200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{568712}{61200} = 9,29$$

**Rasio kekakuan pelat yang dijepit balok induk (40/60)**

Gambar 4. 9 Balok eksterior

$$bw = 40$$

(40/60)

$$hw = 60 \text{ cm}$$

diasumsikan bahwa tebal pelat 12 cm

$$be = bw + 8 \cdot t = 40 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm}) = 156 \text{ cm}$$

$$be = L/4 = 450 \text{ cm} / 4 = 113 \text{ cm}$$

dipakai nilai yang terkecil  $be = 113 \text{ cm}$ 

Faktor modifikasi

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{t}{hw}\right) + 4\left(\frac{t}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{hw}\right)}$$

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right) \cdot \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{113}{40} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,525$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot bw \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,525 \cdot 40 \cdot 60^3$$

$$I_b = 1098234 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = bp \cdot \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5 \cdot 400 \cdot \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 61200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1098234}{61200} = 38,133$$

Rata-rata rasio kekakuan 4 balok adalah :

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha = \frac{17,94 + 5,703 + 9,29 + 38,133}{4} = 17,768$$

Karena nilai  $\alpha_m \geq 2$ , maka dipakai :

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{415 \cdot \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot (1,137)}$$

$$h = 9,75 \text{ cm} \approx h \text{ dipakai} = 12 \text{ cm}$$

Direncanakan pelat lantai menggunakan ketebalan 12 cm untuk lantai 1-12.

#### **4.6 Preliminary Desain Dinding Geser (Shear Wall)**

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 14.5.3.1 Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bentang tertumpu, diambil yang terkecil dan tidak boleh kurang dari 100mm.

Direncanakan :

Tebal dinding geser = 30 cm

Panjang bentang = 500 cm

$$330 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{500}{5} = 20 \text{ cm}$$

Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 100 mm. Jadi, tebal dinding geser sebesar 30 cm dapat digunakan untuk dinding struktural.

## BAB V ANALISA PEMBEBANAN

### 5.1 Beban Gravitasi

Pada elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi, beban gravitasi yang terjadi mengacu pada peraturan SNI 1727-2013, ASCE 7-2002, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material terdapat pada lampiran A. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000.

#### 5.1.1 Beban Mati (D)

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai, atap, dan plafon. Beban matir terdiri dari dua macam, anantara lain :

- a. Berat sendiri (*Self weight, DL*)  
Berat Beton : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- b. Brat sendiri tambahan (*Superimposed Dead Load, SDL*)

Beban dinding bata ringan	: 90 kg/m <sup>2</sup> (brostur)
Beban Keramik	: 18 kg/m <sup>2</sup> (brostur)
Beban spesi dinding	: 1,9 kg/m <sup>2</sup> (brostur)
Beban spesi keramik	: 38 kg/m <sup>2</sup> (brostur)
Beban <i>ducting mechanical</i>	: 19 kg/m <sup>2</sup> (ASCE-7-2002)
Beban plafond	: 5 kg/m <sup>2</sup> (ASCE-7-2002)
Beban lapisan <i>waterproofing</i>	: 1,5 kg/m <sup>2</sup> (brostur)
Beban lift	: 7800 kg (brostur)

#### 5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban yang diakibatkan oleh alam. Beban hidup bergantung pada fungsi ruang, maka beban hidup dapat dibedakan sesuai dengan SNI 1727-2013 tabel 4.1

- a. Beban hidup (L)  
 Beban ruang pribadi : 192 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Beban Koridor : 479 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Beban *Lobby* : 479 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Beban ruang pertemuan : 479 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Beban tangga : 223 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Beban *Lift* : 8421 kg (brosur)
- b. Beban hidup atap (Lr)  
 Beban air hujan : 108 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)  
 Atap datar : 96 kg/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)

### 5.1.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain harus dirancang untuk menahan beban angina sesuai dengan SNI 1727-2013. Berikut tahapan perhitungan beban angina dinding pada struktur bangunan gedung :

Tabel 5. 1 Tahap Beban Angin pada Bangunan Gedung

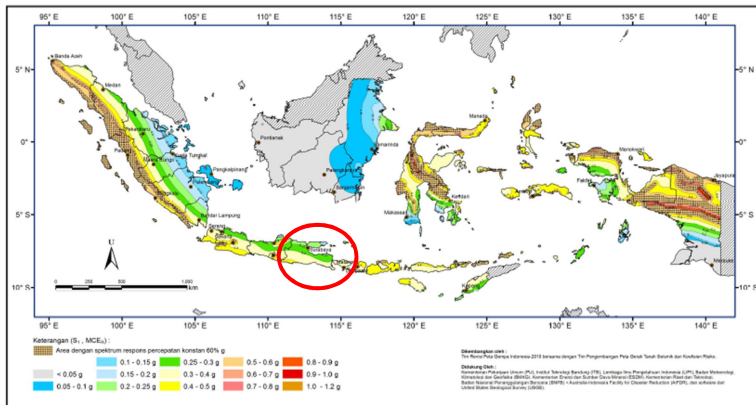
LANGKAH PERHITUNGAN BEBAN ANGIN PADA BANGUNAN GEDUNG				
NO	LANGKAH-LANGKAH	NILAI TINJAUAN	SATUAN	KETERANGAN
1	Kategori Resiko	II	-	HOTEL
2	Kecepatan Angin Dasar (v)	3,29	m/s	SEBELAH SELATAN SELAT MADURA
3	Faktor Arah Angin (Kd)	0,85	-	SISTEM PENAHAN BEBAN ANGIN UTAMA
4	Kategori Eksposur	B	-	DAERAH PERKOTAAN
5	Faktor Topografi (Kzt)	1	-	PASAL 26.8.2
6	Faktor Efek Tiupan Angin (G)	0,85	-	PASAL 26.9.1
7	Jenis Bangunan	Bangunan tertutup	-	PASAL 26.10
8	Koefisien Tekanan Internal (Gepi)	0,18	-	TABEL 26.11-1
9	Koefisien Eksposur Tek. Velositas			TABEL 27.3-1
	Kz	0,974	-	
	Kh	0,975	-	
10	Tekanan Velositas			PASAL 27.3.2
	qz	5,49	N/m <sup>2</sup>	
	qh	5,50	N/m <sup>2</sup>	
11	Data Bangunan Gedung			
	Z	42	m	Tinggi di atas permukaan tanah
	L	37,7	m	dimensi horizontal gedung, sejajar terhadap angin
	B	32,5	m	dimensi horizontal gedung, tegak lurus terhadap angin

Hasil perhitungan beban angin adalah sebagai berikut :

- Beban angin dinding datang : 0,27 kg/m<sup>2</sup>  
 Beban angin dinding pergi : -0,31 kg/m<sup>2</sup>  
 Beban angina dinding tepi : -0,42 kg/m<sup>2</sup>





Gambar 5. 2 Peta untuk  $S_1$ 

#### 4. Analisa data N-SPT

Tabel 5. 3 Analisa Hasil Data Borlog

Lapisan Tanah ke-i	Tebal Lapisan tanah (m)	Nilai N-SPT
1	3	12
2	2	2
3	2	4
4	2	20
5	2	21
6	2	50
7	2	50
8	2	21
9	2	22
10	2	22
11	2	23
12	2	25
13	2	50
14	2	28
Total	29	

$$\sum_{i=1}^n d_i = d_1 + d_2 + d_3 \dots = 29$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{d_1}{N_1} + \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} \dots = 2,58$$

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = 11,24$$

Keterangan :

i = Lapisan tana ke-i

Ni = Tahanan penetrasi standart (pukulan)

di = Tebal lapisan atau kedalaman lapisan tanah (m)

5. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan tabel 5.5.  
Berdasarkan hasil analisa data tanah, maka didapat klasifikasi situs tanah sebagai berikut :

Tabel 5. 4 Klasifikasi Situs (SNI 03-1726-2012 Tabel 3)

Kelas Situs	$\bar{V}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	$\geq 100$ kN/m <sup>2</sup>
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m <sup>2</sup>
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50 kN/m <sup>2</sup>
Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa			
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti		

yang mengikuti 6.10.1) mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnah tersementasi lemah  
 Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan  $H > 3$  m)  
 - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan  $H > 7,5$  m dengan  $PI > 75$   
 Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan  $H > 35$  m dengan  $\bar{s}_u < 50$  kPa

6. Menentukan koefisien situs ( $F_{ad}$  an  $F_v$ ) berdasarkan Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5. 5 Koefisien Situs  $F_a$  (SNI 03-1726-2012 Tabel 4)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ pada periode pendek				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F					

Lihat ketentuan pasal 6.10.1

Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara  $S_s$

Dari penentuan nilai  $S_s$  didapat nilai 0,7 yaitu antara 0,5 dengan 0,75 dan klasifikasi situs tanah E, sehingga untuk mendapatkan nilai  $F_a$  harus dilakukan dengan cara interpolasi linier. Nilai  $F_a$  didapat 1,3

Tabel 5. 6 Koefisien Situs Fv (SNI 03-1726-2012 Tabel 5)

**Parameter Respon Spektral Percepatan  
Gempa MCE<sub>R</sub> pada periode 1 s**

Klasifikasi Situs	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F					

Lihat ketentuan pasal 6.10.1

Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara  $S_I$

Dari penentuan nilai  $S_1$  didapat nilai 0,25 yaitu antara 0,2 dengan 0,3 dan klasifikasi situs tanah E, sehingga untuk mendapatkan nilai Fv harus dilakukan dengan cara interpolasi linier. Nilai Fa didapat 3

7. Menghitung parameter percepatan desain spectral dengan Persamaan (5-3) dan (5-4) (SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan pasal 6.3). Dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan untuk nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,3 \cdot 0,7 \\ &= 0,91 \end{aligned} \quad (5-1)$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 3 \cdot 0,25 \\ &= 0,75 \end{aligned} \quad (5-2)$$

Dari perhitungan diatas diperoleh :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 0,91 \\ &= 0,606 \end{aligned} \quad (5-3)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \quad (5-4)$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 0,75$$

$$= 0,5$$

8. Menentukan kategori desain seismic berdasarkan Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726-2012 Tabel

6)

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 5. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 s (SNI 03-1726-2012 Tabel

7)

Nilai $S_{DI}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hotel dalam tugas akhir ini termasuk Kategori Resiko D.

9. Menentukan koefisien modifikasi respon (  $R$  ) sebesar 8, faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) sebesar  $5\frac{1}{2}$ , dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) sebesar 3 untuk tinjauan SRPMK. Untuk dinding geser koefisien modifikasi respon (  $R$  ) sebesar 7, faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) sebesar  $5\frac{1}{2}$ ,

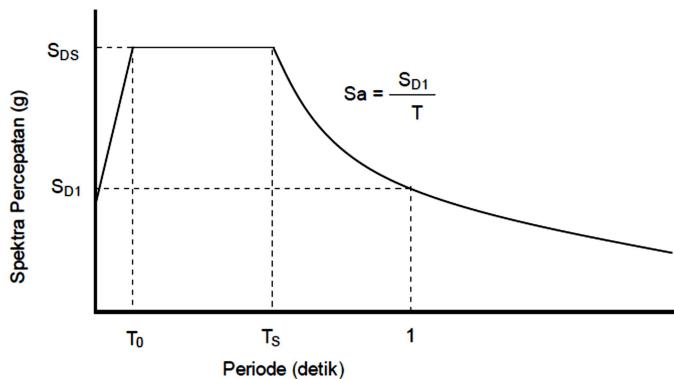
dan faktor kuat lebih system ( $\Omega_0$ ) sebesar 2,5 berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9.

10. Menentukan prosedur analisis gaya gempa berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 13.

Pemilihan prosedur analisis struktur menggunakan analisis respon spektrum.

11. Melakukan analisis modal respon spectrum

Analisis modal respon spectrum dilakukan dengan menggambar dan memasukkan grafik respon spectrum rencana ke dalam program analisis struktur (*SAP 2000*). Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar



Gambar 5. 3 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum Menurut SNI 1726-2012, respons spektrum desain meliputi:

- Pada periode  $T < T_0$ , respons spektrum desain harus diambil dalam persamaan (5-5) :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (5-5)$$

- Pada periode  $T_0 \leq T \leq T_s$ , respons spektrum percepatan diambil dalam persamaan (5-6) :

$$S_a = S_{DS} \quad (5-6)$$

- Pada  $T > T_s$ , respons spektrum percepatan diambil dalam persamaan (5-7) :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (5-7)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5-8)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5-9)$$

Dengan ketentuan persamaan diatas diambil persamaan (5-7), dan didapat :

$$T_0 = \frac{0,2 \cdot 0,5}{0,606} = 0,242$$

$$T_S = \frac{0,5}{0,606} = 0,824$$

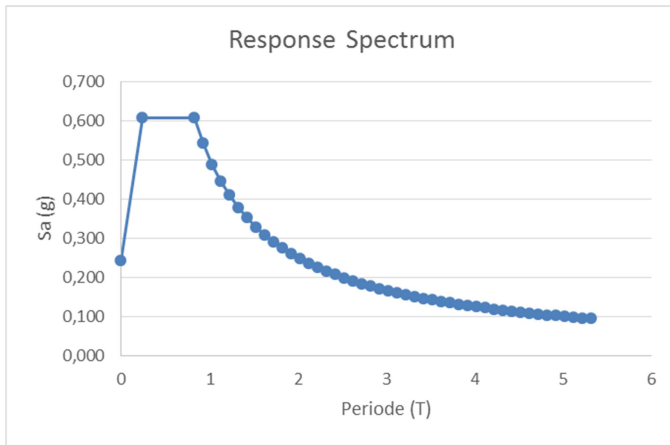
Tabel 5. 9 Tabel Respons Spektrum

	Gempa 2500 tahun	
<b>T (detik)</b>	<b>T (detik)</b>	<b>Sa (g)</b>
0	0	0,243
T0	0,24	0,61
Ts	0,82	0,61
Ts+0,1	0,92	0,541
Ts+0,2	1,02	0,488
Ts+0,3	1,12	0,445
Ts+0,4	1,22	0,408
Ts+0,5	1,32	0,378
Ts+0,6	1,42	0,351
Ts+0,7	1,52	0,328
Ts+0,8	1,62	0,308
Ts+0,9	1,72	0,290
Ts+1,0	1,82	0,274
Ts+1,1	1,92	0,260
Ts+1,2	2,02	0,247

Ts+1,3	2,12	0,235
Ts+1,4	2,22	0,225
Ts+1,5	2,32	0,215
Ts+1,6	2,42	0,206
Ts+1,7	2,52	0,198
Ts+1,8	2,62	0,191
Ts+1,9	2,72	0,184
Ts+2,0	2,82	0,177
Ts+2,1	2,92	0,171
Ts+2,2	3,02	0,165
Ts+2,3	3,12	0,160
Ts+2,4	3,22	0,155
Ts+2,5	3,32	0,150
Ts+2,6	3,42	0,146
Ts+2,7	3,52	0,142
Ts+2,8	3,62	0,138
Ts+2,9	3,72	0,134
Ts+3,0	3,82	0,131
Ts+3,1	3,92	0,127
Ts+3,2	4,02	0,124
Ts+3,3	4,12	0,121
Ts+3,4	4,22	0,118
Ts+3,5	4,32	0,116
Ts+3,6	4,42	0,113
Ts+3,7	4,52	0,111
Ts+3,8	4,62	0,108
Ts+3,9	4,72	0,106
Ts+4,0	4,82	0,104
Ts+4,1	4,92	0,102
Ts+4,2	5,02	0,100



Ts+4,3	5,12	0,098
Ts+4,4	5,22	0,096
Ts+4,5	5,32	0,094



Gambar 5. 4 Grafik Respons Spektrum

Perencana menggunakan perhitungan manual sebagai acuan untuk input pada program bantu SAP 2000.

### 5.3 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr (Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6L + 0,5R (Lr atau R)
4. 1,2D + 1,6Lr (Lr atau R) + 1,0L (L atau 0,5W)
5. 1,2D + 1,6Lr (Lr atau R) + 0,5W (L atau 0,5W)
6. 1,2D + 1,6R (Lr atau R) + 1,0L (L atau 0,5W)
7. 1,2D + 1,6R (Lr atau R) + 0,5W (L atau 0,5W)
8. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 Lr (Lr atau R)
9. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R (Lr atau R)
10. 0,9D + 1,0W
11. 1,2D + 1,0Ex + 1,0L
12. 1,2D + 1,0Ey + 1,0L

13.  $0,9D + 1,0Ex$
14.  $0,9D + 1,0Ey$
15.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)Ex + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 1,3Ex + 1,0L$
16.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)Ey + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 1,3Ey + 1,0L$
17.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)Ex$   
 $\rightarrow 0,78D + 1,3Ex$
18.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)Ey$   
 $\rightarrow 0,78D + 1,3Ey$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- Lr = Beban Hidup pada Atap
- L = Beban Hidup
- R = Beban Air Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

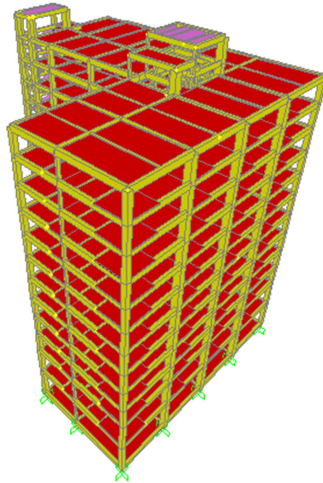
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VI**

### **ANALISA PERMODELAN**

#### **6.1 Permodelan struktur dengan SRPM**

Permodelan struktur bangunan dengan SRPM ini dapat dilihat pada gambar 6.1 yang merupakan permodelan dari *SAP 2000*.



Gambar 6. 1 Permodelan SRPM pada *SAP 2000*

#### **6.2 Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa**

Pembebanan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu:

- Gempa arah x dengan komposisi  $100\% E_x + 30\% E_y$
- Gempa arah y dengan komposisi  $100\% E_x + 30\% E_y$

#### **6.3 Analisis Modal Analisis dan Ragam Analisis**

Analisis modal menggunakan *SAP 2000* diambil sebanyak 5 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan, *Mode Shape* untuk menjamin partisi massa struktur lebih dari 90%. Dalam hal lateral kearah X dan kearah Y. Input data untuk analisa modal dapat dilihat pada Gambar 6.2.

Gambar 6. 2 Form Input untuk Analisa Modal *SAP 2000*

#### 6.4 Faktor Skala Gaya Gempa dengan Respon Spektrum *SAP 2000* untuk SRPM

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan (6.1) :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= \frac{I}{R} \cdot g \\ &= \frac{1}{8} \cdot 9,8 \\ &= 1,225 \end{aligned} \quad (6.1)$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga factor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah  $0,3 \times 1,225 = 0,368$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPONS S	1,225
Accel	U1	RESPONS SPE	1,225
Accel	U2	RESPONS SPE	0,368

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPONS S	0,368
Accel	U1	RESPONS SPE	0,368
Accel	U2	RESPONS SPE	1,225

Gambar 6. 3 Faktor Skala Gaya

#### 6.5 Kontrol Periode Fundamental (SRPM)

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alamin fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan dalam SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.1 sebagai batas bawah sebesar :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (6.2)$$

Dimana :

$h_n$  = ketinggian struktur

$C_t$  = parametes pedekatan tipe struktur

$x$  = parameter pendekatan tipe struktur'

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI 1726-2012, Tabel 14)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

$$\begin{aligned}
 T_{\text{batas bawah}} &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \cdot 42^{0,9} \\
 &= 1,3468
 \end{aligned}$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar :

$$T_{\text{a atas}} = C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \quad (6.3)$$

Berdasarkan pasal 7.8.2, perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung dari Tabel.14 SNI 1726-2012, sehingga T yang akan digunakan,  $T_{\text{batas atas}} = C_u \cdot T_{\text{batas bawah}}$

Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung (SNI 1726-2012, Tabel 14)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Nilai  $C_u = 1,4$  karena nilai  $S_{D1} = 0,5$ .  $T_{\text{batas atas}}$  dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{batas atas}} &= C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \\
 &= 1,4 \cdot 1,3468 \\
 &= 1,8855
 \end{aligned}$$

Dari permodelan pada *SAP 2000* didapat :

OutputCase Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99,6087
MODAL	Acceleration	UY	100	99,6272
MODAL	Acceleration	UZ	68,3455	45,7393

Gambar 6. 4 Modal Load Participation Ratio

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1,924316	0,51967	3,2652	10,661
MODAL	Mode	2	1,768448	0,56547	3,5529	12,623
MODAL	Mode	3	1,524724	0,65586	4,1209	16,982
MODAL	Mode	4	0,603737	1,6563	10,407	108,31
MODAL	Mode	5	0,555657	1,7997	11,308	127,86
MODAL	Mode	6	0,484004	2,0661	12,982	168,52
MODAL	Mode	7	0,332909	3,0038	18,874	356,21
MODAL	Mode	8	0,302548	3,3053	20,768	431,29
MODAL	Mode	9	0,264784	3,7767	23,73	563,09
MODAL	Mode	10	0,231815	4,3138	27,104	734,65
MODAL	Mode	11	0,224324	4,4578	28,009	784,53
MODAL	Mode	12	0,21782	4,591	28,846	832,08
MODAL	Mode	13	0,213616	4,6813	29,413	865,15
MODAL	Mode	14	0,208085	4,8057	30,195	911,76
MODAL	Mode	15	0,206786	4,8359	30,385	923,24
MODAL	Mode	16	0,177895	5,6213	35,32	1247,5
MODAL	Mode	17	0,173153	5,7752	36,287	1316,7
MODAL	Mode	18	0,168151	5,947	37,366	1396,2
MODAL	Mode	19	0,156884	6,3741	40,05	1604
MODAL	Mode	20	0,14662	6,8203	42,854	1836,4
MODAL	Mode	21	0,13368	7,4806	47,002	2209,2

Gambar 6. 5 Periode dari Program SAP 2000

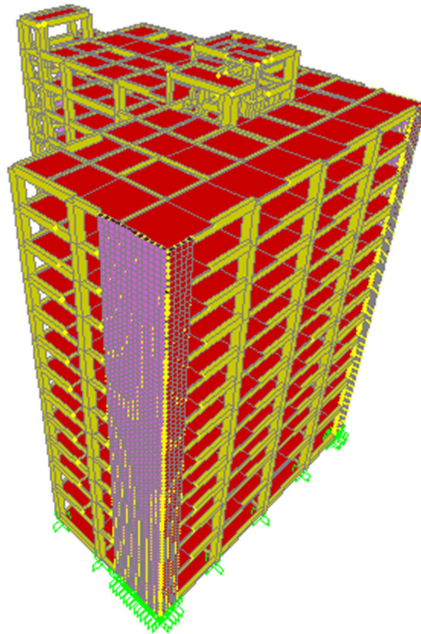
Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ccccc} T_{a \min} & \leq & T_{\text{sap}} & \leq & T_{\text{max}} \\ 1,3468 & \leq & 1,9077 & \leq & 1,8855 \end{array}$$

Tinjauan struktur *Uncracked* pada periode struktur yang dimodelkan belum masuk kisaran dengan meninjau ulang menggunakan sistem ganda (SRPM dan *Shear Wall*).

### 6.6 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (*Dual System*)

Model struktur bangunan dengan system ganda ini dapat dilihat pada gambar 6.6 yang merupakan permodelan dari *SAP 2000*.



Gambar 6. 6 Permodelan *Dual System* pada *SAP 2000*

Permodelan gedung pada arah sumbu x menggunakan system penahan gaya seismik rangka beton bertulang khusus (SRPMK), sedangkan yang searah sumbu y menggunakan system



$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= \frac{I}{R} \cdot g \\ &= \frac{1}{7} \cdot g \\ &= 1,4 \end{aligned} \quad (6.5)$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjau gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah x)  
 Faktor Pembebanan = 30% arah y (6.6)  
 $= 0,3 \cdot 1,4$   
 $= 0,42$
- Untuk *Shear Wall* (arah y)  
 Faktor Pembebanan = 30% arah x  
 $= 0,3 \cdot 1,225$   
 $= 0,368$

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPONS E	0,42
Accel	U1	RESPONS SPE	1,225
Accel	U2	RESPONS SPE	0,42

Gambar 6. 8 Faktor Skala Gaya Ex

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPONS E	0,368
Accel	U1	RESPONS SPE	0,368
Accel	U2	RESPONS SPE	1,4

Gambar 6. 9 Faktor Skala Gaya Ey

## 6.8 Kontrol Perioda Fundamental Sistem Ganda

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan dalam SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.1 sebagai batas bawah sebesar :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (6.8)$$

Dimana :

$h_n$  = ketinggian struktur

$C_t$  = parameter pendekatan tipe struktur

$x$  = parameter pendekatan tipe struktur

Untuk nilai parameter perioda pendekatan dapat dilihat pada tabel 6.3 :

Tabel 6. 3 Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI 1726-2012, Tabel 14)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

$$\begin{aligned}
 T_{\text{batas bawah SRPM}} &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \cdot 42^{0,9} \\
 &= 1,347
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{batas bawah Shear Wall}} &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0488 \cdot 42^{0,75} \\
 &= 0,826
 \end{aligned}$$

Dengan batas atas peroda fundamental struktur sebesar :

$$T_a \text{ atas} = C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \quad (6.9)$$

Berdasarkan pasal 7.8.2, perioda fundamental struktur ( $T$ ) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung dari SNI 1726-2012 Tabel 14, sehingga  $T$  yang akan digunakan,  $T_{\text{batas atas}} = C_u \cdot T_{\text{batas bawah}}$ .

Tabel 6. 4 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung  
(SNI 1726-2012, Tabel 14)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Nilai  $C_u = 1,4$  karena nilai  $S_{D1} = 0,5$ .  $T_{\text{batas atas}}$  dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{batas atas SRPM}} &= C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \\
 &= 1,4 \cdot 1,347 \\
 &= 1,886 \\
 T_{\text{batas atas Shear Wall}} &= C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \\
 &= 1,4 \cdot 0,826 \\
 &= 1,157
 \end{aligned}$$

Dari permodelan pada *SAP 2000* didapat :

OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99,9068
MODAL	Acceleration	UY	100	99,8693
MODAL	Acceleration	UZ	90,9219	69,9748

Gambar 6. 10 Modal Load Participation Ratio

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1,485528	0,67316	4,2296	17,889
MODAL	Mode	2	1,150598	0,86911	5,4608	29,82
MODAL	Mode	3	0,94927	1,0534	6,619	43,811
MODAL	Mode	4	0,45871	2,18	13,698	187,62
MODAL	Mode	5	0,321734	3,1082	19,529	381,39
MODAL	Mode	6	0,258834	3,8635	24,275	589,28
MODAL	Mode	7	0,240206	4,1631	26,157	684,21
MODAL	Mode	8	0,161349	6,1977	38,942	1516,4
MODAL	Mode	9	0,159606	6,2654	39,367	1549,7
MODAL	Mode	10	0,156388	6,3943	40,177	1614,2
MODAL	Mode	11	0,154363	6,4782	40,704	1656,8
MODAL	Mode	12	0,147494	6,7799	42,6	1814,7
MODAL	Mode	13	0,144781	6,907	43,398	1883,4
MODAL	Mode	14	0,143946	6,947	43,65	1905,3
MODAL	Mode	15	0,139664	7,16	44,988	2023,9
MODAL	Mode	16	0,136736	7,3134	45,951	2111,5
MODAL	Mode	17	0,132098	7,5702	47,565	2262,4
MODAL	Mode	18	0,131838	7,5851	47,658	2271,3
MODAL	Mode	19	0,128659	7,7725	48,836	2385
MODAL	Mode	20	0,126288	7,9184	49,753	2475,3
MODAL	Mode	21	0,125086	7,9945	50,231	2523,1

Gambar 6. 11 Hasil Perioda dari SAP 2000

$T_{SAP} \text{ SRPM (Mode 1)} = 1,48$

Perbandingan nilai untuk perioda fundamental struktur sebagai berikut :

$$T_{a \min} \leq T_{sap} \leq T_{\max}$$

$$1,347 \leq 1,48 \leq 1,886$$

$T_{SAP} \text{ Shear wall (Mode 1)} = 1,116$

Perbandingan nilai untuk perioda fundamental struktur sebagai berikut :

$$T_{a \min} \leq T_{sap} \leq T_{\max}$$

$$0,805 \leq 1,150 \leq 1,157$$

Tinjauan struktur *Uncracked* untuk perioda struktur pada permodelan telah memenuhi kisaran perioda struktur yang dihitung. Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan :

- Jika  $T_c > C_u \cdot T_a$  maka digunakan  $T = C_u \cdot T_a$
- Jika  $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$  maka digunakan  $T = T_c$
- Jika  $T_c < T_a$  maka digunakan  $T = T_a$

Keterangan :

$T_c$  = Perida fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa struktur periode fundamental struktur yang digunakan adalah periode dari *SAP 2000* ( $T_{SAP}$ ).

## 6.9 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan *response spectrum* sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012 pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis ditentukan koefisien  $C_s$  adalah sebagai berikut :

- Nilai  $C_s$  minimum :

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1,0 \geq 0,01 \\ &= 0,027 \geq 0,01 \end{aligned} \quad (6.10)$$

- Nilai  $C_s$

- Untuk SRPM (Arah X)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,075 \quad (6.11)$$

- Untuk *Shear Wall* (Arah Y)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,087$$

- Nilai  $C_s$  max

- Untuk SRPM (Arah X)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{1,49\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,042 \quad (6.12)$$

- Untuk *Shear Wall* (Arah Y)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{1,156\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,063$$

Hasil dari perhitungan nilai  $C_s$  diatas dapat dilihat pada table 6.5 :

Tabel 6. 5 Rekapitulasi Nilai  $C_s$

	$C_s$ min	$C_s$	$C_s$ max	$C_s$ pakai
Arah X	0,027	0,075	0,042	0,044
Arah Y	0,027	0,087	0,064	0,063

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W_t \quad (6.13)$$

Dimana :

$C_s$  :Koefisien Respons seismik

$W_t$  :Total beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
Ey	LinRespSpec	Max	124090,56	562639,88	7247,55	16193452,84	3470940,21	12382552,52
Ex	LinRespSpec	Max	411680,47	169026,22	4926,05	4866192,38	11521759,29	10281391,71
1D+1L	Combination		0,00004679	-0,0000185	-14116803,87	334254660	-280316860	-0,00173

Gambar 6. 12 Hasil SAP Beban mati, Beban mati tambahan, dan Beban hidup

Dari hasil SAP 2000 didapat :

$$W_t = 14116804 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_x &= C_{s_x} \cdot W_t \\ &= 0,042 \cdot 14116804 \text{ kg} \\ &= 593941,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y &= C_{s_y} \cdot W_t \\ &= 0,063 \cdot 14116804 \text{ kg} \\ &= 894589 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,85 V_x &= 0,85 \cdot 593941,6 \text{ kg} \\ &= 504850,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,85 V_y &= 0,85 \cdot 894589 \text{ kg} \\ &= 760401 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari *SAP 2000* didapatkan sebesar :

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
Ey	LinRespSpec	Max	124090.56	562639.88	7247.55	16193452.84	3470940.21	12382552.52
Ex	LinRespSpec	Max	411680.47	169026.28	4926.05	4866192.38	11521759.29	10281391.71

Gambar 6. 13 *Base Reaction* dari Program *SAP 2000*

- Untuk arah x

$$\begin{aligned} V_{\text{base shear}} &> 0,85 V_x \\ 411680 \text{ kg} &< 504850,4 \text{ kg} \quad (\text{NO}) \end{aligned}$$

- Untuk arah y

$$\begin{aligned} V_{\text{base shear}} &> 0,85 V_y \\ 562640 \text{ kg} &< 760401 \text{ kg} \quad (\text{NO}) \end{aligned}$$

Ketentuan  $V_{\text{base shear}} > 0,85 V$  belum memenuhi syarat sehingga diperlukan factor pembesaran skala gempa sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah x)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{504850,4}{411680} \cdot 1,225 \\ &= 1,502 \end{aligned}$$

- Untuk *Shear Wall* (arah y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{760401}{562640} \cdot 1,4 \\ &= 1,9 \end{aligned}$$

Faktor pembesaran skala arah tegak lurus gempa sebesar 30% sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah x)

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \text{ arah y} \\ &= 0,3 \cdot 1,9 \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

- Untuk *Shear Wall* (arah y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \text{ arah x} \\ &= 0,3 \cdot 1,514 \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

Setelah pada program bantu *SAP 200* factor pembebanan gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil *base reaction* sebagai berikut :



OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
Ey	LirRespSpec	Max	151860,47	763581,06	9804,6	21976771,96	4247125,58	16718452,92
Ex	LirRespSpec	Max	507464,03	241379,94	6265,14	6948704,02	14202443,97	12938980,38

Gambar 6. 14 Base Reaction dari *SAP 2000* setelah dimasukkan perbesaran

- Untuk arah x  
 $V_{\text{base shear}} > 0,85 V_x$   
 507464 kg < 504850,4 kg (OK)
- Untuk arah y  
 $V_{\text{base shear}} > 0,85 V_y$   
 763581 kg < 760401 kg (OK)

Ketentuan  $V_{\text{base shear}} > 0,85 V$  telah memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.

### 6.9.1 Kontrol Dual Sistem

Menurut SNI 03-1726-2012 bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Maka harus memeriksa persentase antara *base shears* yang dihasilkan oleh SRPM dan *Shear Wall* dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Caranya adalah dengan menjumlah arah gempa (Ex dan Ey) SRPM dan *Shear Wall*, kemudian dibandingkan persentasenya. Persentasenya dihitung dan disajikan dalam tabel 6.6 :

Tabel 6. 6 Presentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa

No	Gempa	Persentase Dalam Menahan Gempa (%)			
		FX		FY	
		SRPM	SW	SRPM	SW
1	Rs-y	36	64	28	72
2	Rs-x	64	36	30	70

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM semua arah gempa nilainya lebih besar dari 25%, sehingga

konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur *Dual System* menurut SNI 03-1726-2012.

### 6.10 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar tingkat perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis,  $\delta_{xe}$ , dari analisis struktur. Setelah itu nilai  $\delta_{xe}$  dikalikan dengan factor pembesaran  $C_d/I_e$ . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada satu tingkat dibawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan (6.13) :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 1726-2012 Persamaan 7.8-14)} \quad (6.13)$$

Dimana :

- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (5,5).
- $\delta_{xe}$  = Defleksi pada lantai  $x$  yang ditentukan dengan analisis elastis.
- $I_e$  = Faktor keutamaan (1,0).
- $\Delta_a$  =  $0,010h_{sx}$  (Arah X)
- $\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$  (Arah Y)
- $\rho$  = Faktor redundansi (1,3).

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah x

Tabel 6. 7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	$\delta e$	$\delta x_e$	$\delta x$	$\delta a$	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	42	3,25	40,21	1,6	8,6	50,0	AMAN
12	38,75	3,25	38,64	1,9	10,5	50,0	AMAN
11	35,5	3,25	36,73	2,3	12,4	50,0	AMAN
10	32,25	3,25	34,47	2,6	14,4	50,0	AMAN
9	29	3,25	31,86	3,0	16,3	50,0	AMAN
8	25,75	3,25	28,90	3,3	17,9	50,0	AMAN
7	22,5	3,25	25,64	3,5	19,3	50,0	AMAN
6	19,25	3,25	22,13	3,7	20,5	50,0	AMAN
5	16	3,25	18,40	3,9	21,3	50,0	AMAN
4	12,75	3,25	14,52	4,0	22,1	50,0	AMAN
3	9,5	4,5	10,50	5,8	31,8	69,2	AMAN
2	5	5	4,72	4,7	26,0	76,9	AMAN

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Tabel 6. 8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	$\delta e$	$\delta x_e$	$\delta x$	$\delta a$	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	42	3,25	41,21	2,4	12,9	50,0	AMAN
12	38,75	3,25	38,86	2,7	14,8	50,0	AMAN
11	35,5	3,25	36,17	3,0	16,3	50,0	AMAN
10	32,25	3,25	33,21	3,2	17,7	50,0	AMAN
9	29	3,25	30,00	3,5	19,0	50,0	AMAN
8	25,75	3,25	26,55	3,6	20,0	50,0	AMAN
7	22,5	3,25	22,91	3,8	20,7	50,0	AMAN
6	19,25	2,25	19,14	3,8	21,1	34,6	AMAN
5	17	3,25	15,31	3,8	20,8	50,0	AMAN
4	13,75	3,25	11,53	3,6	19,7	50,0	AMAN
3	10,5	4,5	7,95	4,5	24,9	69,2	AMAN
2	6	5	3,42	3,4	18,8	76,9	AMAN

## BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

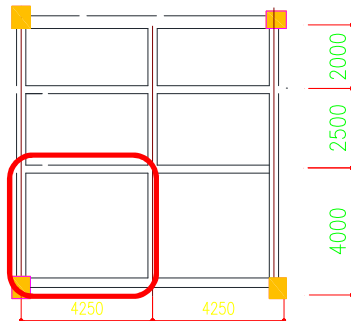
### 7.1 Perhitungan struktur pelat lantai

Pada perhitungan pelat ini akan diambil contoh pelat lantai 2 tipe S1 pada elevasi +5,00.

#### 7.1.2 Data Perencanaan pada pelat lantai

Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 35 Mpa
Tulangan Lentur ( $f_y$ )	= 400 Mpa
$\phi$	= 0,9
Tebal Pelat	= 120 mm
Tebal selimut Beton	= 20 mm
Diameter Tulangan Lentur	= 10 mm
Diameter Tulangan Susut	= 10 mm
Bentang Pelat sb. Panjang	= 4500 mm
Bentang Pelat sb. Pendek	= 4000 mm

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-3}{28-3} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8 \text{ (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)}$$



Gambar 7. 1 Detail Pelat Lantai

### 7.1.3 Beban Pada Pelat

#### Beban Mati

Berat Sendiri Pelat	= 288	kg/m <sup>2</sup>
Keramik	= 18	kg/m <sup>2</sup>
Spesi Keramik	= 38	kg/m <sup>2</sup>
<i>Mechanical Electrical</i>	= 19	kg/m <sup>2</sup>
Plafond	= 5	kg/m <sup>2</sup>
Penggantung Plafond	= 10	kg/m <sup>2</sup> +
qD	= 378	kg/m

#### Beban Hidup

Ruang Ruang *meeting* = 479 kg/m

### 7.1.4 Perhitungan Momen-Momen Pelat Lantai

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4500 \text{ mm}}{4000 \text{ mm}} = 1,13 \text{ (Pelat dua arah)}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(378 \text{ kg/m}^2) + 1,6(479 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1220 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Dengan menghitung momen pelat lantai menggunakan bantuantabel koefisien momen :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1220 \text{ kg/m} \cdot (4\text{m})^2 \cdot 25,8 \\ &= 502,64 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1220 \text{ kg/m} \cdot (4\text{m})^2 \cdot 20,8 \\ &= 405,04 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1220 \text{ kg/m} \cdot (4\text{m})^2 \cdot 60,3 \\ &= 1176,08 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 760,8 \text{ kg/m} \cdot (4\text{m})^2 \cdot 54,5 \end{aligned}$$

$$= 1063,84 \text{ kg.m}$$

Dari perhitungan momen pelat diatas dapat direkapitulasi pada tabel 7.1 sebagai berikut :

Tabel 7. 1 Tabel hasil momen dengan koefisien momen dan dari hasil SAP 2000

No	Keterangan	Momen dengan tabel koefisien (kg.m)	Momen dr SAP (kg.m)
1.	Lapangan X	502,64	1062,299
2.	Lapangan Y	405,04	979,73
3.	Tumpuan X	1176,08	1183,31
4.	Tumpuan Y	1063,84	1086,141

Dari hasil perhitungan momen dengan cara PBI dan hasil *SAP 2000* dapat diambil momen yang terbesar yaitu momen dari hasil *SAP 2000*

### 7.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

$$d_x = h - t_{\text{selimut}} - \frac{D_{\text{tul. Utama}}}{2} \quad (7.1)$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2}$$

$$d_x = 95 \text{ mm}$$

$$d_y = h - t_{\text{selimut}} - \frac{D_{\text{tul. Utama}}}{2} - D \quad (7.2)$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2} - 10 \text{ mm}$$

$$d_x = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \quad (7.3)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,835 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,036$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned} \quad (7.4)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (7.5)$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

#### 7.1.5.1 Penulangan Lapangan

- Arah X

Dari momen yang didapat dari hasil *SAP 2000* didapat momen lapangan arah X ( $M_lx$ ) adalah 1062,299 kg.m

$$M_n = \frac{1062299000 \text{ Nmm}}{\phi} = 11803322,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (7.6)$$

$$R_n = \frac{11803322,2}{1000 \cdot 95^2} = 1,453 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (7.7)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 1,453}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 < & 0,0037 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0037$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0037 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\ &= 353,99 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (7.8)$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot w \cdot d}{f_y} \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 95}{400} \\ A_{s_{\text{min}}} &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (7.9)$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\text{min}}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 353,99 \text{ mm}^2$ .

Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 2 \cdot t_{\text{plat}} \\ S_{\text{max}} &= 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \end{aligned} \quad (7.10)$$

Dipakai tulangan diameter 12 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \quad (7.11)$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{353,99}$$

$s = 221,87 \text{ mm} \rightarrow S$  pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \quad (7.12)$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{150}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$



$$523,6 \text{ mm}^2 > 353,99 \text{ mm}^2$$

Kontrol Ketebalan pelat terhadap geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} \quad (7.13)$$

$$V_u = \frac{1220 \cdot 3,65}{2} = 2226,5 \text{ kg}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_x \quad (7.14)$$

Dengan :  $\lambda = 1$  (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 95 = 95545 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 95545 \text{ N} = 70527 \text{ N} = 7165,9 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \dots (\text{Tebal pelat memenuhi syarat geser})$$

- Arah Y

Dari momen yang didapat dari hasil *SAP 2000* didapat momen lapangan arah Y ( $M_{ly}$ ) adalah 979,730 kg.m

$$M_n = \frac{979730000 \text{ Nmm}}{\phi} = 10885888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{10885888,9}{1000 \cdot 85^2} = 1,674 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 1,674}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0043$$

$\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 < & 0,0043 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0043$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0043 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm} \\ &= 366,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot w \cdot d}{f_y} \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 85}{400} \\ A_{s_{\text{min}}} &= 297,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\text{min}}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 366,36 \text{ mm}^2$ .

Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 2 \cdot t_{\text{plat}} \\ S_{\text{max}} &= 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan diameter 12 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{366,36}$$

$s = 214,38 \text{ mm} \rightarrow S$  pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{150}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 523,6 \text{ mm}^2 &> 366,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Ketebalan pelat terhadap geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} \quad (7.13)$$

$$V_u = \frac{1220 \cdot 3,65}{2} = 2226,5 \text{ kg}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_x \quad (7.14)$$

Dengan :  $\lambda = 1$  (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 95 = 95545 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 95545 \text{ N} = 70527 \text{ N} = 7165,9 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \dots (\text{Tebal pelat memenuhi syarat geser})$$

### 7.1.5.2 Penulangan Tumpuan

- Arah X

Dari momen yang didapat dari hasil *SAP 2000* didapat momen lapangan arah X ( $M_{tx}$ ) adalah 1183,31 kg.m

$$M_n = \frac{1183310000 \text{ Nmm}}{\phi} = 13147888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{13147888,9}{1000 \cdot 95^2} = 1,619 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 1,619}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0042$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 < & 0,0042 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0042$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\ &= 395,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot w \cdot d}{f_y} \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 95}{400} \\ A_{s_{\text{min}}} &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\text{min}}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 395,51 \text{ mm}^2$ .

Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 2 \cdot t_{\text{plat}} \\ S_{\text{max}} &= 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan diameter 13 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{395,51}$$

$$s = 198,58 \text{ mm} \rightarrow S \text{ pakai adalah } 150 \text{ mm}$$

Tulangan pakai D10-150

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{150}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 523,6 \text{ mm}^2 &> 395,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Ketebalan pelat terhadap geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} \quad (7.13)$$

$$V_u = \frac{1220 \cdot 3,65}{2} = 2226,5 \text{ kg}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_x \quad (7.14)$$

Dengan :  $\lambda = 1$  (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 95 = 95545 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 95545 \text{ N} = 70527 \text{ N} = 7165,9 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \dots (\text{Tebal pelat memenuhi syarat geser})$$

- Arah Y

Dari momen yang didapat dari hasil *SAP 2000* didapat momen lapangan arah Y ( $M_{ly}$ ) adalah 1086,141 kg.m

$$M_n = \frac{1086141000 \text{ Nmm}}{\phi} = 12068233,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{12068233,3}{1000 \cdot 80,5^2} = 1,856 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 1,856}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0048$$

$\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 < & 0,0048 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0048$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0048 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm} \\
 &= 407,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y} \\
 A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 85}{400} \\
 A_{s_{\text{min}}} &= 297,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\text{min}}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 407,52 \text{ mm}^2$ .

Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= 2 \cdot t_{\text{plat}} \\
 S_{\text{max}} &= 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan diameter 12 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{407,52}$$

$$s = 192,73 \text{ mm} \rightarrow S \text{ pakai adalah } 150 \text{ mm}$$

Tulangan pakai D10-150

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{150}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\
 523,6 \text{ mm}^2 &> 407,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Ketebalan pelat terhadap geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} \quad (7.13)$$

$$V_u = \frac{1220 \cdot 3,65}{2} = 2226,5 \text{ kg}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_x \quad (7.14)$$

Dengan :  $\lambda = 1$  (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 95 = 95545 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 95545 \text{ N} = 70527 \text{ N} = 7165,9 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \dots (\text{Tebal pelat memenuhi syarat geser})$$

## 7.2 Perhitungan Struktur Tangga

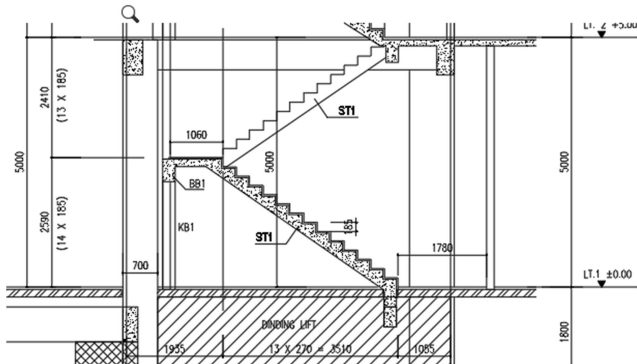
Evaluasi struktur tangga meliputi evaluasi terhadap penampang pelat tangga, pelat bordes, dan balok bordes. Sebagai contoh perhitungan akan ditinjau tangga yang menghubungkan antara lantai 1 dan lantai 2.

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 35 Mpa

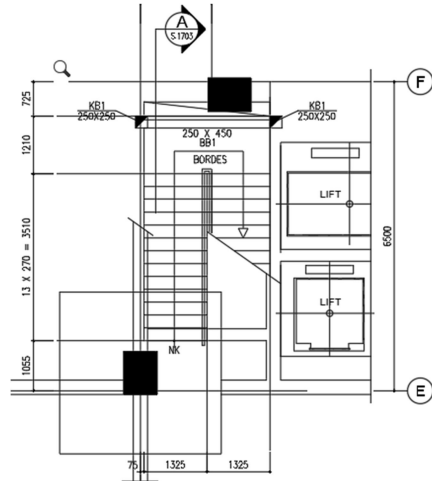
Tulangan Lentur ( $f_y$ ) = 400 Mpa (BJTD)

Tebal Pelat = 150 mm

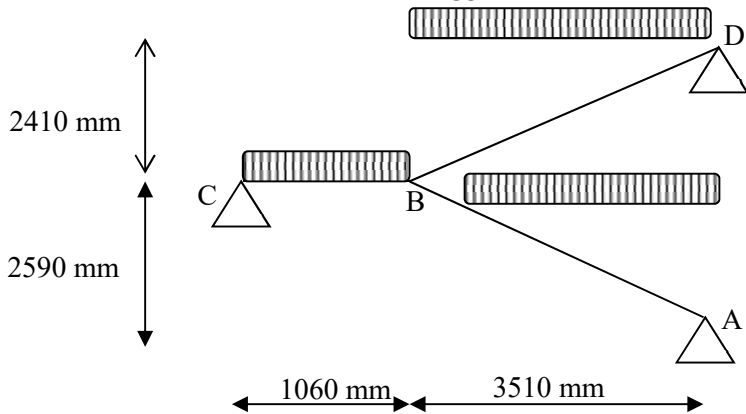
Tebal selimut Beton = 20 mm



Gambar 7. 2 Detail Tangga Tampak Samping



Gambar 7. 3 Denah Tangga Lantai 1



Gambar 7. 4 Detail Tangga

Lebar Injakan = 27 cm  
 Tinggi Tanjakan = 18,5 cm

Syarat kemiringan tangga

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{2410}{3510} = 0,69 ; \alpha = 39,3^\circ$$

- $25^\circ < 39,3^\circ < 40^\circ$  (Memenuhi)
- $60 < (2t + i) \leq 65$



$$60 < (2 \cdot 18,5 + 27) \leq 65$$

$$60 < 64 \leq 65 \quad (\text{Memenuhi})$$

Tebal efektif pelat tangga

$$\text{Luas } \Delta 1 = 0,5 \cdot t \cdot i = 0,5 \cdot 18,5 \text{ cm} \cdot 27 \text{ cm} = 250 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \left( \sqrt{i^2 + t^2} \right) \cdot d \\ &= 0,5 \cdot 32,73 \text{ cm} \cdot d \\ &= 16,365d \end{aligned}$$

Persamaan Luas  $\Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$

$$250 = 16,365 d$$

$$d = 15,3 \text{ cm}$$

$$0,5 d = 7,63 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal efektif pelat tangga} = 15 \text{ cm} + 7,63 \text{ cm} = 22,6 \text{ cm}$$

### 7.2.1 Pembebanan Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Pelat tangga dan pelat bordes pada umumnya menerima beban yang sama, yaitu kombinasi beban ultimit dari beban mati dan beban hidup.

#### Pelat Tangga

Beban Mati

- Berat sendiri  $= \frac{t_{\text{efektif pelat}}}{\cos \alpha} \cdot \gamma_{\text{Beton}} \cdot \text{Lebar Tangga}$   
 $= \frac{0,226 \text{ m}}{0,773} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,325 \text{ m}$   
 $= 930,5 \text{ kg/m}$
- Beban Keramik dan spesi  
 $= 56 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,325 \text{ m}$   
 $= 74,2 \text{ kg/m}$

$$W_{DL} = 930,5 \text{ kg/m} + 74,2 \text{ kg/m} = 1004,71 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 223 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} W_{LL} &= q_{LL} \cdot L_{\text{Pelat tangga}} \\ &= 223 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,325 \text{ m} \\ &= 295,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Ultimit

$$\begin{aligned}
 Qu1 &= 1,4 D = 1,4 \cdot 1004,71 \text{ kg/m} = 1406,59 \text{ kg/m} \\
 Qu2 &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1,2 \cdot 1004,72 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 295,5 \text{ kg/m} \\
 &= 1678 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### **Pelat Bordes**

#### **Beban Mati**

- Berat sendiri =  $t \text{ pelat} \cdot \gamma \text{ Beton} \cdot \text{Lebar Tangga}$   
 $= 0,15\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,65\text{m}$   
 $= 954 \text{ kg/m}$
- Beban Keramik dan spesi  
 $= 56 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65\text{m}$   
 $= 148,4 \text{ kg/m}$

$$W_{DL} = 954 \text{ kg/m} + 148,4 \text{ kg/m} = 1102,4 \text{ kg/m}$$

#### **Beban Hidup**

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 223 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 W_{LL} &= q_{LL} \cdot L \text{ Pelat tangga} \\
 &= 223 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65 \text{ m} \\
 &= 591 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### **Beban Ultimit**

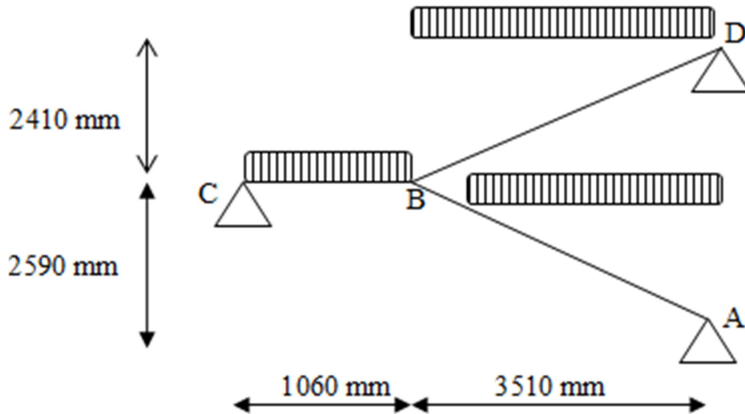
$$\begin{aligned}
 Qu1 &= 1,4 D = 1,4 \cdot 1102,4 \text{ kg/m} = 1543,36 \text{ kg/m} \\
 Qu2 &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1,2 \cdot 1102,4 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 591 \text{ kg/m} \\
 &= 2268 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### **7.2.2 Analisis Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes**

Dalam analisis struktur melalui ilmu mekanika, tangga akan diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian di analisa untuk menentukan gaya-gaya dalam nya dengan perencanaan struktur statis tak tentu.

Tangga dalam perencanaan hotel ini akan dimodelkan sebagai frame statis tak tentu dengan metode cross dengan kondisi perletakan berupa sendi yang diletakkan sebagai ujung dari tangga, dalam kondisi nyata umumnya berupa balok.

#### **Mekanika Tangga Metode Cross**



Gambar 7. 5 Detail Tangga Metode Cross

Mencari Panjang Miring Tangga

$$\text{Panjang AB} = \sqrt{3,51^2 + 2,59^2} = 4,36 \text{ m}$$

$$\text{Panjang BD} = \sqrt{3,51^2 + 2,41^2} = 4,26 \text{ m}$$

Metode Cross

$$\begin{aligned} \mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BD} &= \frac{3EI}{4,36} : \frac{3EI}{1,06} : \frac{3EI}{4,26} \\ &= 0,69EI : 2,83EI : 0,7EI \end{aligned}$$

$$\mu_{BC} = \frac{2,83EI}{0,69EI + 2,83EI + 0,7EI} = 0,67$$

$$\mu_{BA} = \frac{0,69EI}{0,69EI + 2,83EI + 0,7EI} = 0,16$$

$$\mu_{BD} = \frac{0,7EI}{0,69EI + 2,83EI + 0,7EI} = 0,17$$

Kontrol :

$$\mu_{BA} + \mu_{BC} + \mu_{BD} = 1$$

$$0,67 + 0,16 + 0,17 = 1 \quad (\text{OK})$$




Momen Primer

$$\text{MF BC} = + 1/8 \cdot 2268 \text{ kg/m} \cdot (1,06\text{m})^2 = 318,6 \text{ kg.m}$$

$$\text{MF BD} = - 1/8 \cdot 1678 \text{ kg/m} \cdot (3,51\text{m})^2 = -2585 \text{ kg.m}$$

$$\text{MF BA} = - 1/8 \cdot 1678 \text{ kg/m} \cdot (3,51\text{m})^2 = -2585 \text{ kg.m}$$

Tabel 7. 2 Tabel Metode Cross Tangga

Tabel Cross			
Titik Bentang	B		
	BC	BA	BD
FD	-0,67	-0,16	-0,17
MF	318,6	-2585	-2585
MD	3251	790	809
MI	0,00	0,00	0,00
MD	0,00	0,00	0,00
M Akhir	3570	-1795	-1775
Gambar Momen			

Kontrol Momen Akhir Pada Tabel Cross

$$\Sigma M \text{ Akhir} = 0$$

$$5330 \text{ kg.m} - 2774 \text{ kg.m} - 2556 \text{ kg.m} = 0$$

Batang BC

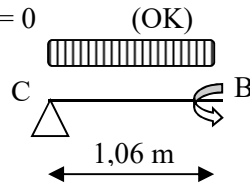
$$\Sigma M_B = 0 \text{ dimisalkan } V_c \uparrow$$

$$V_c.L - \frac{1}{2}.q.L^2 - M_{BC} = 0$$

$$V_c.1,06 - \frac{1}{2}.2268.(1,12)^2 - 3570 = 0$$

$$V_c = \frac{1274 + 3570}{1,06}$$

$$V_c = 4570 \text{ kg} \uparrow$$



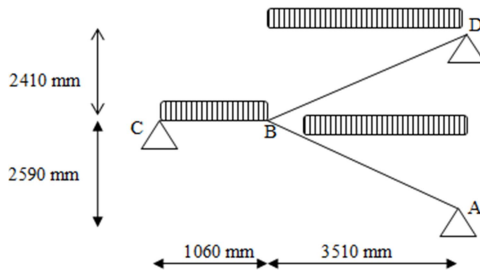
$$\Sigma M_C = 0 \text{ dimisalkan } V_b \uparrow$$

$$-V_b.L + \frac{1}{2}.q.L^2 - M_{BC} = 0$$

$$-V_b.1,06 + \frac{1}{2}.2268.(1,12)^2 - 5330 = 0$$

$$V_b = \frac{1274 - 3570}{1,06}$$

$$V_b = -2166 \text{ kg} \downarrow$$



### Batang BA

$\Sigma M_B = 0$  dimisalkan  $V_a \uparrow$

$$-V_a \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{BA} = 0$$

$$-V_a \cdot 3,51 + \frac{1}{2} \cdot 1678 \cdot (3,51)^2 + 1795 = 0$$

$$V_a = \frac{10339 + 1795}{3,51}$$

$$V_a = 3457 \text{ kg} \uparrow$$

$\Sigma M_A = 0$  dimisalkan  $V_b \uparrow$

$$V_b \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{BA} = 0$$

$$V_b \cdot 3,51 - \frac{1}{2} \cdot 1678 \cdot (3,51)^2 + 1795 = 0$$

$$V_b = \frac{10339 - 1795}{3,51}$$

$$V_b = 2434 \text{ kg} \uparrow$$

### Batang BD

$\Sigma M_B = 0$  dimisalkan  $V_d \uparrow$

$$-V_d \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{BD} = 0$$

$$-V_d \cdot 3,51 + \frac{1}{2} \cdot 1678 \cdot (3,51)^2 + 1775 = 0$$

$$V_d = \frac{10339 + 1775}{3,51}$$

$$V_d = 3451 \text{ kg} \uparrow$$

$\Sigma M_A = 0$  dimisalkan  $V_b \uparrow$

$$V_b \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{BD} = 0$$

$$V_b \cdot 3,51 - \frac{1}{2} \cdot 1678 \cdot (3,51)^2 + 1775 = 0$$

$$V_b = \frac{10339 - 1775}{3,51}$$

$$V_b = 2440 \text{ kg} \uparrow$$

Mencari M max

Batang BD

$$N_{BD} = V_b \sin(39,3^\circ) = 2440 \cdot 0,63 = 1547 \text{ kg}$$

$$D_{BD} = V_b \cos(39,3^\circ) = 2440 \cdot 0,77 = 1887 \text{ kg}$$

$$D_{DB} = V_d \cos(39,3^\circ) = 3451 \cdot 0,77 = 2669 \text{ kg}$$

Bidang N,D, dan M

Lihat kiri potongan

$$N_{X1} = 1547$$

$$X1 = 0$$

$$X1 = 3,51 \text{ m}$$

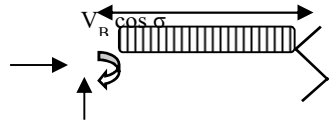
$$D_{X1} = 1887 + 1678 X1$$

$$D_B = 1887$$

$$D_D = 1887 + 1678 (3,51) \\ = 7778 \text{ kg}$$

$$M_{X1} = 1887 X1 - 1678 X1^2 - M_{BD}$$

$$M_{BD} = -1775 \text{ kg.m}$$



Mencari M max

Batang BA

$$N_{BD} = V_b \sin(39,3^\circ) = 2434 \cdot 0,63 = 1543 \text{ kg}$$

$$D_{BD} = V_b \cos(39,3^\circ) = 2434 \cdot 0,77 = 1883 \text{ kg}$$

$$D_{DB} = V_d \cos(39,3^\circ) = 3457 \cdot 0,77 = 2674 \text{ kg}$$

Bidang N,D, dan M

Lihat Kiri Potongan

$$N_{X2} = 1543 \text{ kg}$$

$$X2 = 0$$

$$X2 = 3,51 \text{ m}$$

$$D_{X2} = 1883 - 1678 X2$$

$$D_B = 1883 \text{ kg}$$

$$D_A = -4009 \text{ kg}$$

Pada  $D = 0$ , terjadi momen maksimum

$$D_{X2} = 0$$

$$1882 - 1678 X2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 X2 &= \frac{1882}{1678} = 1,122 \text{ m (dari titik B)} \\
 M_{X2} &= 1883 X2 - 1678 X2 - M_{BA} \\
 &= -1566 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 3 Rekapitulasi Momen pada Tangga

Rekap	
Letak	Momen (Kgm)
Momen tumpuan B	3570
Momen Max BA	-1566
Momen Max BD	-1775

Momen tangga diambil terbesar, yaitu = 1775 kg.m. Sedangkan momen pada bordes diambil 3570 kg.m. Selanjutnya akan digunakan dalam hitungan analisa penulangan pelat.

### 7.2.3 Analisa Penulangan Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 d' &= T_{\text{pelat}} - T_{\text{Decking}} - D/2 \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13/2 \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\
 &= 0,036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \cdot 0,036 \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

### Batang BA

$$M_n = \frac{17750000 \text{ Nmm}}{\emptyset} = 22191324 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot 122^2}$$

$$R_n = \frac{22191324}{0,8 \cdot 1000 \cdot 124^2} = 1,819 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 1,819}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0041$$

$\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & < & 0,0041 & < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0041$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0041 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 124 \text{ mm} \\ &= 509,292 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 124}{400}$$

$$A_{s_{\min}} = 432,25 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\min}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 509,292 \text{ mm}^2$ .



Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$S_{\max} = 2 \cdot t_{\text{plat}}$$

$$S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan diameter 13 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s\text{perlu}}}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{509,292}$$

$$s = 228,92 \text{ mm} \rightarrow S \text{ pakai adalah } 200 \text{ mm}$$

Tulangan pakai D13-200

$$A_{s\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{200}$$

$$A_{s\text{pasang}} = 663,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pasang}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$663,66 \text{ mm}^2 > 509,29 \text{ mm}^2$$

Kontrol Tulangan susut

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1 Luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0014$  dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0014$

$$\begin{aligned} A_{s\text{susut}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot t_{\text{plat}} \\ &= 0,0014 \cdot 1000\text{mm} \cdot 150\text{mm} \\ &= 210 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas spasi tulangan

$$s \leq 5h \text{ atau } s_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D 10 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{210}$$

$$s = 374 \text{ mm} \rightarrow s \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Cek batas spasi tulangan

$$S_{\max} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 750 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$200 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

#### 7.2.4 Analisa Perhitungan Pelat Bordes

$$\begin{aligned} d' &= T \text{ pelat} - T \text{ Decking} - D/2 \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13/2 \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{35700000 \text{ Nmm}}{\phi} = 44624836 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{44624836}{0,8 \cdot 1000 \cdot 124^2} = 3,657 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot 3,657}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0098$$

$\rho_{\text{min}}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 < & 0,0098 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0156$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0098 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 124 \text{ mm} \\ &= 1208,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot w \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 124}{400}$$

$$A_{s_{\text{min}}} = 427 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_s$  yang tersedia tidak boleh kurang dari  $A_{s_{\text{min}}}$ . Maka diambil nilai  $A_{s_{\text{perlu}}} = 1208,7 \text{ mm}^2$ .

Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2 batas spasi tuangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$S_{\text{max}} = 2 \cdot t_{\text{plat}}$$

$$S_{\text{max}} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan diameter 13 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s\text{perlu}}}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{1208,7}$$

$$s = 109,81 \text{ mm} \rightarrow s \text{ pakai adalah } 100 \text{ mm}$$

Tulangan pakai D13-100

$$A_{s\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{100}$$

$$A_{s\text{pasang}} = 1327,3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{ccc} A_{s\text{pasang}} & > & A_{s\text{perlu}} \\ 1327,3 \text{ mm}^2 & > & 1208,7 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Kontrol Tulangan susut

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1 Luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0014$  dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0014$

$$\begin{aligned} A_{s\text{susut}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot t_{\text{plat}} \\ &= 0,0014 \cdot 1000\text{mm} \cdot 150\text{mm} \\ &= 210 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas spasi tulangan

$$s \leq 5h \text{ atau } s_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D 10 mm

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s}$$

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{210}$$

$$s = 374 \text{ mm} \rightarrow s \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Cek batas spasi tulangan

$$S_{\max} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 750 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$200 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

### 7.3 Desain Balok Bordes

Balok bordes direncanakan untuk memikul beban mati dan reaksi perletakan dari tangga. Sebagai contoh perhitungan akan ditinjau balok bordes pada tangga yang menghubungkan dasar dengan lantai 2.

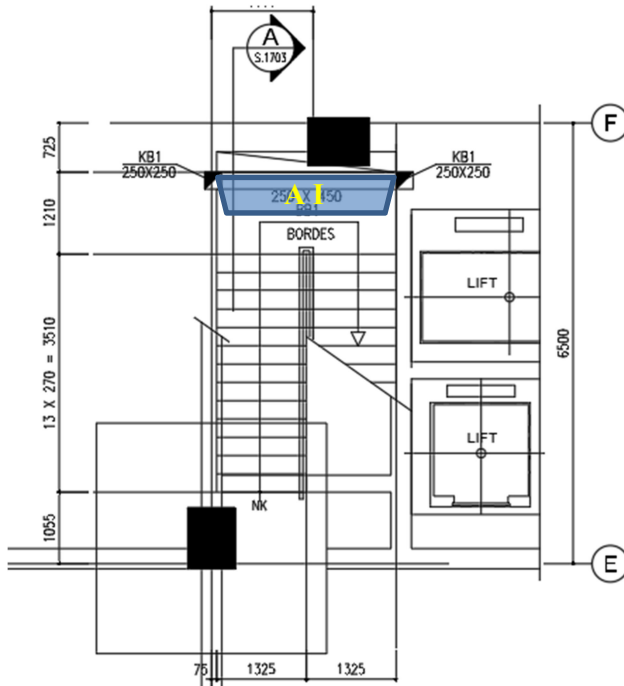
#### 7.3.1 Pembebanan Balok Bordes

Beban mati dan beban hidup yang bekerja pada balok bordes dapat dianggap sebagai beban statis yang bekerja pada daerah plat bordes.

Data-data perencanaan :

Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 35 Mpa
Tulangan Lentur ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Tulangan Geser	= 400 Mpa
Lebar balok ( $b$ )	= 250 mm
Tinggi balok ( $h$ )	= 450 mm
L balok	= 2650 mm
Diameter tul. lentur	= 16 mm
Diameter tul. geser	= 10 mm

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-35}{28-35} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8 \text{ (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)}$$



$$\begin{aligned}\text{Luas AI} &= \frac{2650 \text{ mm} + 1590 \text{ mm}}{2} \cdot 530 \text{ mm} \\ &= 1123600 \text{ mm}^2 \\ &= 1,1236 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Menghitung tinggi efektif balok

$$\begin{aligned}d &= h - t.\text{cover} - \text{Ø geser} - \frac{1}{2} D \text{ lentur} \\ &= 700 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 392 \text{ mm}\end{aligned}$$

### Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri balok} &= 0,25 \text{ m} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 270 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban Mati Tambahan

$$\text{Berat pelat} = 0,12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^2 = 288 \text{ kg/m}^2$$

Beban keramik+spesi =  $56 \text{ kg/m}^2$

Total beban mati tambahan =  $288 \text{ kg/m}^2 + 56 \text{ kg/m}^2 = 344 \text{ kg/m}^2$

Beban mati total per satuan panjang :

$$\begin{aligned} \text{DL} &= [(344 \text{ kg/m}^2 \times 1,1236 \text{ m}) / 2,65 \text{ m}] + 270 \text{ kg/m} \\ &= 415,9 \text{ kg/m} = 4,159 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### **Beban Hidup**

Beban hidup untuk tangga =  $479 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup total per satuan panjang :

$$\text{LL} = (479 \text{ kg/m}^2 \times 1,236 \text{ m}) / 2,65 \text{ m} = 203,1 \text{ kg/m} = 2,031 \text{ kN/m}$$

### **Beban Ultimit**

$$\text{Qu1} = 1,4 \text{ DL} = 1,4 \cdot 4,159 \text{ kN/m} = 5,822 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Qu2} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \cdot 4,159 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 2,031 \text{ kg/m} \\ &= 8,24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dari kombinasi pembebanan diatas diambil yang terbesar yaitu  $8,24 \text{ kN/m}$ .

$$\begin{aligned} \text{Mu tumpuan} &= \frac{1}{11} \cdot \text{Qu} \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{11} \cdot 8,24 \text{ kN/m} \cdot (2,65 \text{ m})^2 \\ &= 5,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu lapangan} &= \frac{1}{16} \cdot \text{Qu} \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{16} \cdot 8,24 \text{ kN/m} \cdot (2,65 \text{ m})^2 \\ &= 3,617 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Vu} = \frac{\text{Qu} \cdot \text{Ln}}{2} = \frac{8,24 \text{ kN/m} \cdot 2,65 \text{ m}}{2} = 10,92 \text{ kN}$$

### **7.3.2 Perhitungan Penulangan Lentur**

#### **DAERAH TUMPUAN KANAN**

##### **Tulangan tarik**

$$\text{Mu} = 5,26 \text{ kNm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{0,9} = \frac{5260000 \text{ Nmm}}{0,9} = 5844853,705 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,6595\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,6595 \\ &= 0,4946\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{5844853,705}{0,8 \cdot 400 \cdot 392^2} = 0,1521 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,1521}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,00038\end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc}\rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & < & 0,00038 & < & 0,4946 \text{ (OKE)}\end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0034$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} \\ &= 343 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 16



$$As \text{ pakai} = 603,19 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s \text{ max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s \text{ max} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3-1}$$

$$s \text{ max} = 51 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{603,19 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 32,44 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 603,19 \cdot 400 \cdot \left(392 - \frac{32,44}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 81559429,64 \text{ Nmm} = 81,599 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$81,599 \text{ kNm} > 5,84 \text{ kNm (OK)}$$

### **Luasan Tekan Tulangan Lentur (sisi bawah)**

$$As' = 0,3 As$$

$$= 0,3 \cdot 603,19 \text{ mm}^2$$

$$= 180,96 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 16

$$As \text{ pakai} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s \text{ max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s \text{ max} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2-1}$$

$$s \text{ max} = 118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk daerah tumpuan kanan dipakai tulangan tarik 3 D 16 dan tulangan tekan 2 D 16.

### **DAERAH TUMPUAN KIRI**

**Tulangan tarik**

$$M_u = 5,26 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{5260000 \text{ Nmm}}{0,9} = 5844853,705 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,6595 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,6595 \\ &= 0,4946 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{5844853,705}{0,8 \cdot 400 \cdot 392^2} = 0,1521 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,1521}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,00038 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & < & 0,00038 & < & 0,4946 \text{ (OKE)} \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0034$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} \\
 &= 343 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 16

$$A_{s \text{ pakai}} = 603,19 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\
 s_{\text{max}} &= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3-1} \\
 s_{\text{max}} &= 51 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{603,19 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 32,44 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 \phi M_n &= 0,9 \cdot 603,19 \cdot 400 \cdot \left( 392 - \frac{32,44}{2} \right) \\
 \phi M_n &= 81559429,64 \text{ Nmm} = 81,599 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$81,599 \text{ kNm} > 5,84 \text{ kNm (OK)}$$

### **Luasan Tekan Tulangan Lentur (sisi bawah)**

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &= 0,3 A_s \\
 &= 0,3 \cdot 603,19 \text{ mm}^2 \\
 &= 180,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 16

$$A_{s \text{ pakai}} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\
 s_{\text{max}} &= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2-1} \\
 s_{\text{max}} &= 118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, penulangan lentur untuk daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 3 D 16 dan tulangan tekan 2 D 16.

### **DAERAH LAPANGAN**

#### **Tulangan tarik**

$$M_u = 3,617 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{3617000 \text{ Nmm}}{0,9} = 4018336,922 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,6595 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,6595 \\ &= 0,4946 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{4018336,922}{0,8 \cdot 400 \cdot 392^2} = 0,1046 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,1046}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,00026 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

120

$$0,0035 < 0,00026 < 0,4946 \text{ (OKE)}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} \\ &= 343 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 16

$$A_s \text{ pakai} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2-1}$$

$$s_{\text{max}} = 118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402,12 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 21,627 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 402,12 \cdot 400 \cdot \left(392 - \frac{21,627}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 55182319,53 \text{ Nmm} = 55,182 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$55,182 \text{ kNm} > 3,61 \text{ kNm (OK)}$$

### **Luasan Tekan Tulangan Lentur (sisi bawah)**

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 \cdot 402,12 \text{ mm}^2 \\ &= 120,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 16

$$A_s \text{ pakai} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2-1}$$

$$s_{\max} = 118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk daerah lapangan dipakai tulangan tarik 2 D 16 dan tulangan tekan 2 D 16.

REKAPITULASI						
No	Keterangan		Tulangan			As (mm <sup>2</sup> )
1	Tumpuan Kiri	Tarik	3	D	16	603,19
2		Tekan	2	D	16	402,12
3	Tumpuan Kanan	Tarik	3	D	16	603,19
4		Tekan	2	D	16	402,12
5	Lapangan	Tekan	2	D	16	402,12
6		Tarik	2	D	16	402,12

### 7.3.3 Perhitungan Tulangan Geser

Darri perhitungan sebelumnya didapat :

$$V_u \text{ tumpuan} = 10,918 \text{ kN} = 10918 \text{ N}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 2,729 \text{ kN} = 2729 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{35} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,91 < 8,3 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm}$$

$$= 96629 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 392$$

$$= 32667 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \max &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 250 \cdot 392 \\
 &= 386517 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$2 V_s \max = 2 \cdot 386517 \text{ N} = 773034 \text{ N}$$

### **Penulangan Tulangan geser Daerah Tumpuan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

#### Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$10918 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 96629 \text{ N}$$

$$10918 \text{ N} \leq 36236 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

#### Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$36236 \text{ N} \geq 10928 \text{ N} \leq 72472 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \min)$$

$$72472 \text{ N} \geq 10928 \text{ N} \leq 96972 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \max)$$

$$96972 \text{ N} \geq 10928 \text{ N} \leq 362360 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \max)$$

$$362360 \text{ N} \geq 10928 \text{ N} \leq 869664 \text{ N}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan : 10 D 2 kaki dengan  $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 s \text{ perlu} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 392}{32666,67} = 753,98
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakan 10 D 2 kaki dengan 200 mm

### **Penulangan Tulangan Geser Daerah Lapangan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$2729 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 96629 \text{ N}$$

$$2729 \text{ N} \leq 36236 \text{ N (memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$36236 \text{ N} \geq 2729 \text{ N} \leq 72472 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$72472 \text{ N} \geq 2729 \text{ N} \leq 96972 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$96972 \text{ N} \geq 2729 \text{ N} \leq 362360 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$362360 \text{ N} \geq 2729 \text{ N} \leq 869664 \text{ N}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan : 10 D 2 kaki dengan  $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$s \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 392}{32666,67} = 753,98$$

Sehingga dipakai 10 D 2 kaki dengan 200 mm

### 7.3.4 Kontrol Retak pada Balok Bordes

Spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 persamaan 10-4):

$$s = 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2 C_c$$

$C_c$  = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

$f_s$  = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan



$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,67 \text{ Mpa} \\
 C_c &= t_{\text{selimut beton}} + \text{diameter tulangan sengkang} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm} \\
 s &= 380 \left( \frac{280}{266,67} \right) - 2 (50 \text{ mm}) \\
 &= 260 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$300 \left( \frac{280}{f_s} \right) = 300 \left( \frac{880}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan didaerah tumpuan = 118 mm ( melebihi 260 mm dan 315 mm, OK)

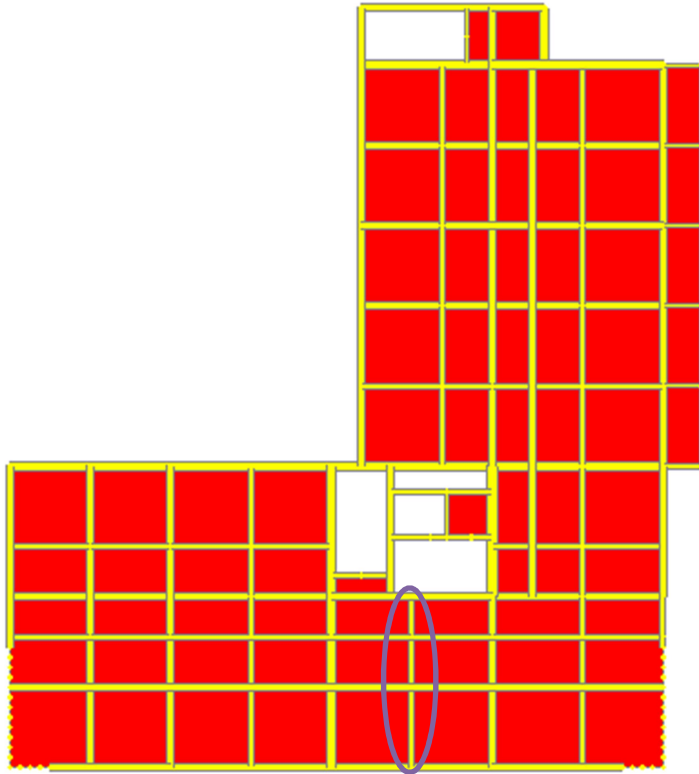
#### 7.4 Desain Balok Anak

Perhitungan balok anak 30/60 ditinjau pada elevasi +5,00. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output, dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

##### 7.4.1 Data-data perencanaan tulangan balok

Tipe Balok	: 30/60
Bentang balok (L balok)	: 8500 mm
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Kuat leleh tul. lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tul. Geser ( $f_{yv}$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tul. puntir ( $f_{yt}$ )	: 400 MPa
Diameter tul. lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tul. geser ( $\emptyset$ Geser)	: 10 mm
Diameter tul. puntir ( $\emptyset$ Puntir)	: 13 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Faktor reduksi kuat lentur	: 0,9 (SNI 2847-2013 ps. 9.3.2.7)
Faktor reduksi kuat geser	: 0,75 (SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)
Faktor reduksi kuat torsi	: 0,75 (SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-}{28-} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8 \text{ (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)}$$



Gambar 7. 6 Balok Anak yang ditinjau

Menghitung tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - t.\text{cover} - \emptyset \text{ geser} - \frac{1}{2} D \text{ lentur} \\ &= 700 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 \\ &= 540,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 7.4.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan SAP 2000 didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output SAP 2000 diambil dari beban kombinasi gempa terbesar (*envelope*). Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

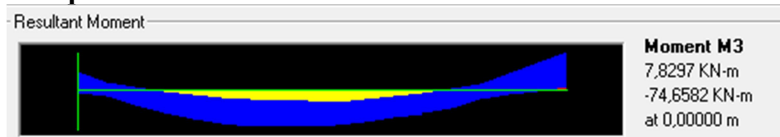
#### Hasil Output Diagram Torsi



$T_u = 5,1005 \text{ kNm}$

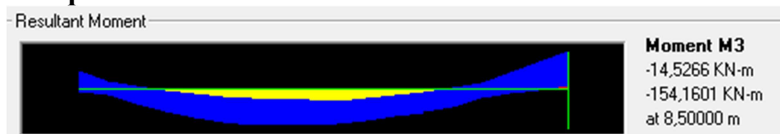
#### Hasil Output Diagram Momen Lentur

##### Tumpuan Kiri



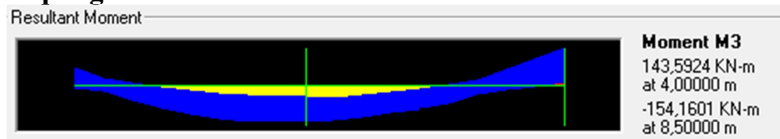
$M_u \text{ negatif} = 74,66 \text{ kNm}$

##### Tumpuan Kanan



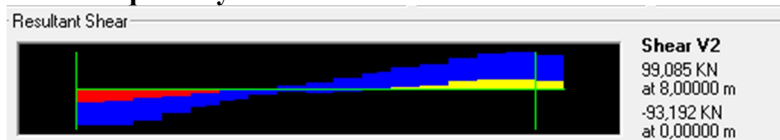
$M_u \text{ negatif} = 154,16 \text{ kNm}$

##### Lapangan



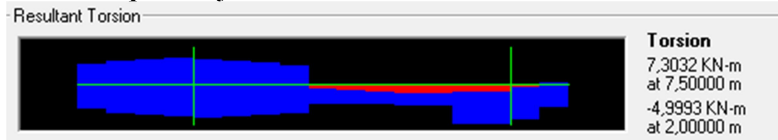
$M_u = 143,59 \text{ kNm}$

#### Hasil Output Gaya Geser



$$V_u = 99,085 \text{ kN}$$

### Hasil Output Gaya Aksial



$$P_u = 7,782 \text{ kN}$$

### 7.4.3 Syarat Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal berikut ini :

- a. Gaya aksila tekan terfaktor tidak boleh melebihi:

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} = \frac{300 \cdot 600 \cdot 35}{10} = 630 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi terbesar adalah  $7,782 \text{ kN} < 630 \text{ kN}$  (OK)

- b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$\text{dimensi balok induk} = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Bentang bersih (Ln)} &= L \text{ balok} - (2 \cdot b \cdot \text{balok}/2) \\ &= 8500 - (200 + 200) \\ &= 8100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4d &= 4 \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 2162 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Ln > 4d$$

$$8100 \text{ mm} > 2162 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh lebih dari 0,3.

$$\frac{b}{h} \geq 0,3$$

$$\frac{300}{600} \geq 0,3$$

$$0,5 > 0,3 \text{ (OK)}$$

#### 7.4.4 Perhitungan Tulangan Lentur

##### DAERAH TUMPUAN KANAN

##### **Momen negatif tumpuan**

$$M_u = 154,16 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{154160000 \text{ Nmm}}{0,9} = 171288888,9 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{171288888,9}{0,8 \cdot 400 \cdot 539^2} = 1,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,95}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,005$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,005 < 0,027 \quad (\text{OKE})$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,005$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 820,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 850,59 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} s_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ s_{\text{max}} &= \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{3-1} \\ s_{\text{max}} &= 71,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,59 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 38,12 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 850,59 \cdot 400 \cdot \left(540,5 - \frac{38,12}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 159670451,3 \text{ Nmm} = 159,67 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$159,67 \text{ kNm} > 14,16 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

**Momen positif tumpuan**

$$M_u = 77,08 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{77080000 \text{ Nmm}}{0,9} = 85644444,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \end{aligned}$$

$$= 0,036$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{85644444,4}{0,8 \cdot 300 \cdot 540,5^2} = 0,97 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,97}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,000248$$

$\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0024 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 567,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,60 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s \max = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$s \max = 162 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 25,414 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,60 \cdot 400 \cdot \left(540,5 - \frac{25,414}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 107743992,8 \text{ Nmm} = 107,74 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$   
 $107,74 \text{ kNm} > 77,08 \text{ kNm (OK)}$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$\phi M_n \text{ pasang} + > 0,5 \cdot \phi M_n \text{ pasang} -$   
 $107,74 \text{ kNm} > 79,835 \text{ kNm (OK)}$

## **DAERAH TUMPUAN KIRI**

### **Momen negatif tumpuan**

$M_u = 74,65 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{74650000 \text{ Nmm}}{0,9} = 82944444,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,036$$



$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{82944444,4}{0,8 \cdot 300 \cdot 540,5^2} = 0,946 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,946}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0024$$

$\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0024 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 567,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 850,59 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s_{\max} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$$s_{\max} = 71,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,59 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 38,12 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 850,59 \cdot 400 \cdot \left(540,5 - \frac{38,12}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 159670451,3 \text{ Nmm} = 159,67 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$159,67 \text{ kNm} > 74,65 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

### Momen positif tumpuan

$$M_u = 37,32 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{37320000 \text{ Nmm}}{0,9} = 41472222,22 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{41472222,22}{0,8 \cdot 400 \cdot 540,5^2} = 0,47 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,47}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0011$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 > & 0,00011 < & 0,026 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 565,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,53 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s_{\text{max}} = 162 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,53 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 25,41 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,53 \cdot 400 \cdot \left( 540,5 - \frac{25,41}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 107743992,8 \text{ Nmm} = 107,74 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$107,74 \text{ kNm} > 74,65 \text{ kNm (OK)}$$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\begin{aligned} \emptyset \text{Mn pasang} &+ > 0,5 \cdot \emptyset \text{Mn pasang} - \\ 107,74 \text{ kNm} &> 79,835 \text{ kNm (OK)} \end{aligned}$$

### **DAERAH LAPANGAN**

#### **Momen positif**

$$Mu = 143,59 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{143590000 \text{ Nmm}}{0,9} = 159544444,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ Rn &= \frac{159544444,4}{0,8 \cdot 400 \cdot 540,5^2} = 1,82 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,82}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0046$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 < & 0,0046 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0046$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0046 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 762,02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 850,59 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$s_{\text{max}} = 71,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,59 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 38,12 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 850,59 \cdot 400 \cdot \left( 540,5 - \frac{38,12}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 159670451,3 \text{ Nmm} = 159,67 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$159,67 \text{ kNm} > 143,59 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

### Momen negatif lapangan

Pada SNI beton 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 mengharuskan sekurang-kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum ada pada di sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

Kuat momen negatif – positif terbesar = 154,16 kNm

$\frac{1}{4}$  kuat momen negatif – positif = 38,54 kNm

$M_u = 38,54 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{38540000 \text{ Nmm}}{0,9} = 42822222,2 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{42822222,2}{0,8 \cdot 300 \cdot 540,5^2} = 0,49 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,49}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00123$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 > & 0,00123 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\ &= 567,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} s_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ s_{\text{max}} &= \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1} \\ s_{\text{max}} &= 162 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 25,41 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ \phi M_n &= 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left( 540,5 - \frac{25,41}{2} \right) \\ \phi M_n &= 107743992,8 \text{ Nmm} = 107,74 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$107,74 \text{ kNm} > 38,54 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

REKAPITULASI						
No	Keterangan		Tulangan			As (mm <sup>2</sup> )
1	Tumpuan Kiri	Tarik	3	D	19	850,59
2		Tekan	2	D	19	567,06
3	Tumpuan Kanan	Tarik	3	D	19	850,59
4		Tekan	2	D	19	567,06
5	Lapangan	Tekan	2	D	19	567,06
6		Tarik	3	D	19	850,59

#### 7.4.5 Perhitungan Tulangan Geser

Dari hasil *output SAP 2000* didapat :

$$V_u \text{ tumpuan} = 99,085 \text{ kN} = 99085 \text{ N}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 56,621 \text{ kN} = 56621 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{35} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,91 < 8,3 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\
 &= 159882 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 540,5 \\
 &= 54050 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ max} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 540,5 \\
 &= 319764 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$2 V_s \text{ max} = 2 \cdot 319764 \text{ N} = 639528 \text{ N}$$



**Penulangan Tulangan geser Daerah Tumpuan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$99085 \text{ N} \geq 59956 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$59956 \text{ N} \leq 99085 \text{ N} \leq 119912 \text{ N (memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$119912 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 160449 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$160449 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 359735 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$359735 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 799410 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 540,5 \\ &= 54050 \text{ N} \\ &= 54,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan : 10 D 2 kaki dengan  $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$\begin{aligned} s \text{ perlu} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 540,5}{54050} = 628,32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakan 10 D 2 kaki dengan 200 mm

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 539d}{200} \\ &= 169,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ min} < V_s \text{ pakai}$$

$$53,9 \text{ kN} < 169,8 \text{ kN (memenuhi)}$$

### **Penulangan Tulangan Geser Daerah Lapangan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

#### Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$99085 \text{ N} \geq 59956 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$59956 \text{ N} \leq 99085 \text{ N} \leq 119912 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

#### Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$119912 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 160449 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$160449 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 359735 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$359735 \text{ N} \geq 99085 \text{ N} \leq 799410 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 540,5 \\ &= 54050 \text{ N} \\ &= 54,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

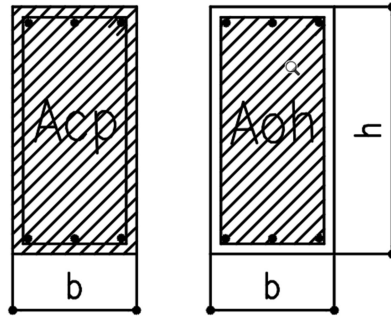
Direncanakan : 10 D 2 kaki dengan  $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$\begin{aligned} s \text{ perlu} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 540,5}{54050} = 628,32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakan 10 D 2 kaki dengan 200 mm

#### 7.4.6 Perhitungan Penulangan Puntir



Gambar 7. 7 Luasan Acp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \cdot h \\ &= 300 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \\ &= 180000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parameter luas irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\ &= 2 \cdot (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 1800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \cdot (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \\ &= (300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10)) \cdot (600 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10)) \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2((b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}})) \\ &= 2((300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10)) + (600 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10))) \\ &= 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban terbesar (envelope)  $T_u = 7,303 \text{ kNm}$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{7303000 \text{ Nmm}}{0,75} = 9737333,3 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila momen puntir terfaktor ( $T_u$ ) kurang dari  $T_u \text{ min}$ .

$$\begin{aligned}
 Tu_{\min} &= \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left( \frac{180000^2}{1800} \right) \\
 &= 6628967,397 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Tu &> Tu_{\min} \\
 67303000 \text{ Nmm} &> 6628967,397 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

#### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\left( \frac{V_u}{B_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o^2} \right)^2} &\leq \phi \left( \frac{V_c}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c} \right) \\
 \sqrt{\left( \frac{99085}{300 \cdot 40,5} \right)^2 + \left( \frac{7303000 \cdot 1400}{1,7 \cdot 100000^2} \right)^2} &\leq 0,75 \left( \frac{159438,35}{300 \cdot 540,5} + 0,66 \sqrt{35} \right) \\
 0,86 &\leq 3,94 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, momen puntir balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

#### Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.3/7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$AL = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} \\
 &= 0,85 \cdot 100000 \text{ mm}^2 \\
 &= 85000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{9737333,3}{2 \cdot 85000 \cdot 400 \cdot \cot 45} \\ &= 0,143 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}AL &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ AL &= 0,143 \cdot 1400 \cdot \left( \frac{400}{400} \right) \cdot 1 \\ AL &= 200,47 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dengan,  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{F_{yt}}$

$$0,175 \frac{b_w}{F_{yt}} = 0,175 \frac{300}{400} = 0,1312$$

$$\begin{aligned}A_{l \text{ min}} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{35} \cdot 180000}{400} - 0,1312 \cdot 1400 \cdot \frac{400}{400} \\ &= 934,38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Al perlu < Al min maka dipakai Al min = 934,38 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{934,38}{4} = 233,6 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan
- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik

Maka luasan akhir = 467,194 mm<sup>2</sup>

Jumlah tulangan pasang puNtir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{467,194}{132,73} = 3,51 \approx 4$$

Maka dipasang tulangan puntir 4 D 13

Kontrol Luasan Tulangan Puntir

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{luasan } D \text{ puntir} \\ &= 4 \cdot 132,73 \text{ mm}^2 \\ &= 530,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 530,92 \text{ mm}^2 &> 467,194 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Tulangan Puntir untuk Geser

**Pada Daerah Tumpuan**

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{169332}{400 \cdot 540,5} \\ &= 0,785 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\begin{aligned} \frac{A_{vt}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 0,785 + 2 (0,143) \\ &= 1,072 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D10 – 200

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 0,785 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D10 – 140

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}} = 1,122 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_v t}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D10 – 140.

### Pada Daerah Lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{169332}{400 \cdot 540,5} \\ &= 0,785 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\begin{aligned} \frac{A_v t}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 0,785 + 2 (0,143) \\ &= 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D10 – 200

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 0,785 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} < \frac{A_v t}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D10 – 140

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}} = 1,122 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_v t}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D10 – 140.

### 7.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan disetiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun

perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.

### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3. Panjang penyaluran untuk baying ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)

- Perhitungan Panjang Penyaluran :

$$l_d = \left[ \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{Cb + K_{tr}} \right] \cdot db$$

Dimana :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\Psi_t = 1,3 \text{ (faktor lokasi penulangan)}$$

$$\Psi_e = 1,5 \text{ (faktor pelapis)}$$

$$\Psi_s = 1,0 \text{ (faktor ukuran tulangan)}$$

$$\lambda = 1,0 \text{ (beton normal)}$$

$$db = 22 \text{ mm (diameter tulangan)}$$

Cb yang terkecil dari :

- Jarak pusat tulangan ke permukaan beton terdekat

$$Cb = \text{cover} + \text{sengkang} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur}$$

$$= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm}$$

$$= 61 \text{ mm}$$

- Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan

$$Cb = S_{\text{max}} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur}$$

$$= 25 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm}$$

$$= 47 \text{ mm}$$

Maka dipakai Cb = 47 mm

$$K_{tr} = 0 \text{ (Indeks tulangan transversal)}$$

$$l_d = \left[ \frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 1}{\frac{47+0}{22}} \right] \cdot 22$$

$$= 951,01 \text{ mm}$$

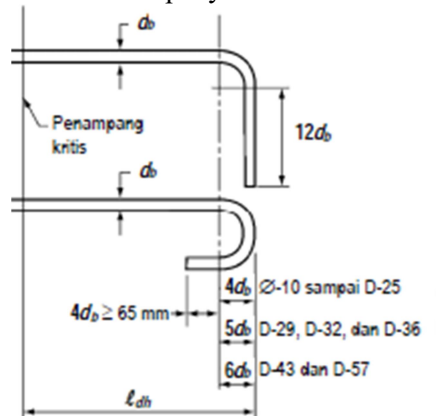


Maka jarak  $ld$  dipakai = 1000 mm > 300 mm (memenuhi)

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standart  $ldh$  ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart



**Gambar 7. 8** Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

$$\begin{aligned}
 ldh &= \frac{f_y \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} \\
 &= \frac{400 \cdot 22}{5,4 \cdot \sqrt{35}} \\
 &= 275,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$ldh$  tidak boleh kurang dari :

- 8 db = 8 . 22 mm = 176 mm
- 150 mm

Maka dipakai  $ldh$  = 280 mm (memenuhi)

### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan  $ldc$  dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan  $ldc$  harus diambil sebesar yang terbesar dari :

$$\begin{aligned}
 - \quad ldc &= \frac{0,24 \cdot fy \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{fc}} \\
 &= \frac{0,24 \cdot 400 \cdot 22}{1 \cdot \sqrt{35}} \\
 &= 357 \text{ mm} \\
 - \quad ldc &= 0,043 \cdot fy \cdot db \\
 &= 0,043 \cdot 400 \cdot 22 \text{ mm} \\
 &= 378,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 380 mm

#### 7.4.8 Kontrol Retak pada Balok Anak

Spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 persamaan 10-4):

$$s = 380 \left( \frac{280}{fs} \right) - 2 Cc$$

Cc = Jarak terkecil dari permukaan tulangan  
 fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,67 \text{ Mpa}$$

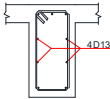
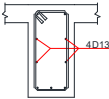
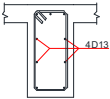
$$\begin{aligned}
 Cc &= t_{\text{selimut beton}} + \text{diameter tulangan sengkang} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 380 \left( \frac{280}{266,67} \right) - 2 (53 \text{ mm}) \\
 &= 253,95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$300 \left( \frac{280}{fs} \right) = 300 \left( \frac{880}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan didaerah tumpuan = 156 mm ( tidak lebih dari 253,95 mm dan 315 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B4) 300 X 600		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
			
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	3 D 19	2 D 19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140	2D10-140

**Gambar 7.9** Detail Penulangan Balok Anak

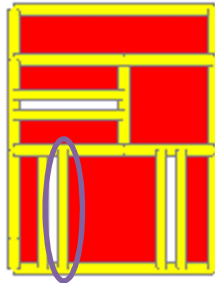
### 7.5 Desain Balok *Lift*

Perhitungan balok anak 30/60 ditinjau pada elevasi +5,00. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output, dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

#### 7.5.1 Data-data perencanaan tulangan balok

Tipe Balok	: 24/45
Bentang balok (L balok)	: 2975 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 450 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Kuat leleh tul. lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tul. Geser ( $f_{yv}$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tul. puntir ( $f_{yt}$ )	: 400 MPa
Diameter tul. lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tul. geser ( $\emptyset$ Geser)	: 13 mm
Diameter tul. puntir ( $\emptyset$ Puntir)	: 13 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Faktor reduksi kuat lentur	: 0,9 (SNI 2847-2013 ps. 9.3.2.7)
Faktor reduksi kuat geser	: 0,75(SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)

Faktor reduksi kuat torsi : 0,75(SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)  
 $\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-35}{28-35} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8$  (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)



**Gambar 7. 10** Balok Lift yang ditinjau

Menghitung tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - t.\text{cover} - \emptyset \text{ geser} - \frac{1}{2} D \text{ lentur} \\ &= 450 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 19 \\ &= 387,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 7.5.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000*

Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000* didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi 1,2D + 1L. Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

#### Hasil Output Diagram Torsi

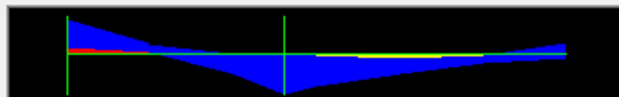


$$T_u = 9,2474 \text{ kNm}$$

## Hasil Output Diagram Momen Lentur

### Tumpuan Kiri

- Resultant Moment

**Moment M3**

55,8889 KN-m  
at 1,29300 m  
-49,9091 KN-m  
at 0,00000 m

Mu negatif = 49,9 kNm

### Tumpuan Kanan

- Resultant Moment

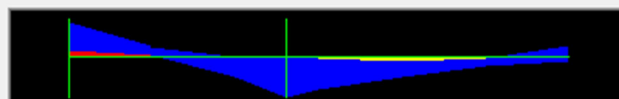
**Moment M3**

6,0878 KN-m  
-17,1137 KN-m  
at 2,97500 m

Mu negatif = 17,11 kNm

### Lapangan

- Resultant Moment

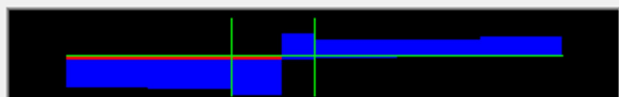
**Moment M3**

55,8889 KN-m  
at 1,29300 m  
-49,9091 KN-m  
at 0,00000 m

Mu = 55,89 kNm

## Hasil Output Gaya Geser

- Resultant Shear

**Shear V2**

52,618 KN  
at 1,48750 m  
-91,318 KN  
at 0,99167 m

Vu = 91,31 kN

## Hasil Output Gaya Aksial

- Resultant Axial Force

**Axial**

23,628 KN  
at 2,97500 m  
-33,673 KN  
at 0,49583 m

Pu = 33,67 kN

### 7.5.3 Syarat Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal berikut ini :

- d. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi:

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} = \frac{250 \cdot 450 \cdot 35}{10} = 393.75 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi terbesar adalah  $33,67 \text{ kN} < 393,75 \text{ kN}$  (OK)

- e. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$d = 389 \text{ mm}$$

$$\text{dimensi balok induk} = 250 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Bentang bersih } (L_n) &= L \text{ balok} - (2 \cdot b \cdot \text{balok}/2) \\ &= 2975 - (2 \cdot 150 \text{ mm}) \\ &= 2675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4d &= 4 \cdot 387,5 \text{ mm} \\ &= 1550 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_n > 4d$$

$$2675 \text{ mm} > 1550 \text{ mm (OK)}$$

- f. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh lebih dari 0,3.

$$\frac{b}{h} \geq 0,3$$

$$\frac{250}{450} \geq 0,3$$

$$0,56 > 0,3 \text{ (OK)}$$

### 7.5.4 Perhitungan Tulangan Lentur

#### DAERAH TUMPUAN KANAN

#### **Momen negatif tumpuan**

$$M_u = 17,11 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{17110000 \text{ Nmm}}{0,9} = 19011111,11 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{19011111,11}{0,8 \cdot 250 \cdot 389^2} = 0,502 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,502}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0012\end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccc}\rho_{\text{min}} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 & > & 0,0012 & < & 0,027 \quad (\text{OKE})\end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} \\ &= 340,38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s_{\max} = 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left(387,5 - \frac{30,497}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 75991657 \text{ Nmm} = 75,992 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$75,992 \text{ kNm} > 17,11 \text{ kNm (OK)}$$

### Momen positif tumpuan

$$M_u = 8,55 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{8550000 \text{ Nmm}}{0,9} = 9505555,6 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$



$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{950555,6}{0,8 \cdot 250 \cdot 387,5^2} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,25}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0006$$

$\rho_{\text{min}}$ ,  $\rho_{\text{perlu}}$ , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 > & 0,0006 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 387,5 \text{ mm} \\ &= 339,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s_{\text{max}} = 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left( 387,5 - \frac{30,497}{2} \right) \\ \phi M_n &= 75991657 \text{ Nmm} = 75,992 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n \text{ pasang} &> M_n \text{ perlu} \\ 75,992 \text{ kNm} &> 8,55 \text{ kNm (OK)}\end{aligned}$$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\begin{aligned}\phi M_n \text{ pasang} &+ > 0,5 \cdot \phi M_n \text{ pasang} - \\ 75,99 \text{ kNm} &> 37,99 \text{ kNm (OK)}\end{aligned}$$

### **DAERAH TUMPUAN KIRI**

#### **Momen negatif tumpuan**

$$M_u = 49,9 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{49900000 \text{ Nmm}}{0,9} = 55444444,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{55444444,4}{250 \cdot 387,5^2} = 1,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,47}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 & < & 0,0037 & < & 0,0,27 \text{ (OKE)} \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0037$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0037 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 387,5 \text{ mm} \\ &= 3339,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s_{\text{max}} = 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left( 387,5 - \frac{30,497}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 75991657 \text{ Nmm} = 75,992 \text{ kNm}$$

$\emptyset M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$   
 $75,992 \text{ kNm} > 49,9 \text{ kNm (OK)}$

### **Momen positif tumpuan**

$M_u = 24,95 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{24950000 \text{ Nmm}}{0,9} = 27722222,2 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{27722222,2}{0,8 \cdot 250 \cdot 387,5^2} = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,73}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0018 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 387,5 \text{ mm} \\ &= 339,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} s_{\max} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ s_{\max} &= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (2 \cdot 22)}{2-1} \\ s_{\max} &= 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ \phi M_n &= 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left( 387,5 - \frac{30,497}{2} \right) \\ \phi M_n &= 75991657 \text{ Nmm} = 75,992 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$75,992 \text{ kNm} > 49,9 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\begin{aligned} \phi M_n \text{ pasang} + &> 0,5 \cdot \phi M_n \text{ pasang} - \\ 75,99 \text{ kNm} &> 37,96 \text{ kNm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

**DAERAH LAPANGAN****Momen positif**

$$M_u = 55,89 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{55890000 \text{ Nmm}}{0,9} = 62100000 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{62100000}{0,8 \cdot 250 \cdot 387,5^2} = 1,65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,65}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,004 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & > & 0,004 & < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,004$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,004 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 387,5 \text{ mm} \\ &= 412,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\text{max}} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s_{\text{max}} = 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left(389 - \frac{30,497}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 75991657 \text{ Nmm} = 75,99 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$75,99 \text{ kNm} > 55,89 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

### Momen negatif lapangan

Pada SNI beton 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 mengharuskan sekurang-kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum ada pada di sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

$$\text{Kuat momen negatif – positif terbesar} = 49,9 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{4} \text{ kuat momen negatif – positif} = 12,48 \text{ kNm}$$

$$M_u = 12,48 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{12480000 \text{ Nmm}}{0,9} = 13861111,11 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{13861111,11}{0,8 \cdot 250 \cdot 387,5^2} = 0,36 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,36}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0009 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0009 < & 0,492 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$



$$= 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 387,5 \text{ mm}$$

$$= 339,06 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 19

$$\text{As pakai} = 56706 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s \text{ max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s \text{ max} = \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$s \text{ max} = 106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 250} = 30,497 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left( 387,5 - \frac{30,497}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 75991657 \text{ Nmm} = 75,992 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

75,992 kNm > 12,475 kNm (OK)

REKAPITULASI						
No	Keterangan		Tulangan			As (mm <sup>2</sup> )
1	Tumpuan Kiri	Tarik	2	D	19	567,06
2		Tekan	2	D	19	567,06
3	Tumpuan Kanan	Tarik	2	D	19	567,06
4		Tekan	2	D	19	567,06
5	Lapangan	Tekan	2	D	19	567,06
6		Tarik	2	D	19	567,06

**Gambar 7. 11** Rekapitulasi tulangan balok *lift*

### 7.5.5 Perhitungan Tulangan Geser

Dari hasil *output SAP 2000* didapat :

$$V_u \text{ tumpuan} = 71,183 \text{ kN} = 71183 \text{ N}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 83,233 \text{ kN} = 83233 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{35} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,91 < 8,3 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} \\ &= 95890 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 389 \\ &= 32417 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 250 \cdot 392 \\ &= 191780 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2 V_{s \text{ max}} = 2 \cdot 191780 \text{ N} = 383559 \text{ N}$$

### **Penulangan Tulangan geser Daerah Tumpuan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

#### Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$71183 \text{ N} \geq 35959 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$35959 \text{ N} \leq 71183 \text{ N} \leq 71917 \text{ N (memenuhi)}$$

#### Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s \text{ min}})$$

$$71917 \text{ N} \geq 71183 \text{ N} \leq 96230 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s \text{ max}})$$

$$96230 \text{ N} \geq 71183 \text{ N} \leq 215752 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$215752 \text{ N} \geq 71183 \text{ N} \leq 479449 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 389 \\ &= 32417 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan : 13 D 2 kaki dengan  $A_v = 256,46 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$\begin{aligned} s \text{ perlu} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{256,46 \cdot 250 \cdot 389}{32417} = 1274,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 13 D 2 kaki dengan 200 mm

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{256,46 \cdot 400 \cdot 389}{200} \\ &= 206,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ min} < V_s \text{ pakai}$$

$$32,42 \text{ kN} < 206,53 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

**Penulangan Tulangan Geser Daerah Lapangan**

Periksa Kondisi Geser pada Penampang Balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$83233 \text{ N} \geq 35959 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c$$

$$35959 \text{ N} \leq 83233 \text{ N} \geq 71917 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$71917 \text{ N} \leq 83233 \text{ N} \leq 96230 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$96230 \text{ N} \geq 83233 \text{ N} \leq 215752 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

#### Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$215752 \text{ N} \geq 83233 \text{ N} \leq 479449 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 389 \\ &= 32417 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan : 13 D 2 kaki dengan  $A_v = 256,46 \text{ mm}^2$

Perencanaan jarak tulangan geser :

$$\begin{aligned} s \text{ perlu} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{256,46 \cdot 250 \cdot 389}{32417} = 1274,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

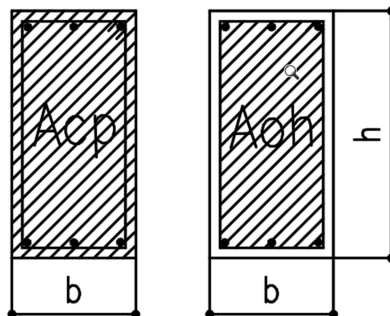
Sehingga dipakai 13 D 2 kaki dengan 200 mm

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{256,46 \cdot 400 \cdot 389}{200} \\ &= 206,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ min} < V_s \text{ pakai}$$

$$32,42 \text{ kN} < 206,53 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

#### 7.5.6 Perhitungan Penulangan Puntir



Gambar 7. 12 Luasan Acp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \cdot h \\
 &= 250 \text{ mm} \cdot 450 \text{ mm} \\
 &= 112500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\
 &= 2 \cdot (250 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) \\
 &= 1400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \cdot (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \\
 &= (250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) \cdot (450 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) \\
 &= 49536 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2((b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}})) \\
 &= 2((250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) + (450 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13))) \\
 &= 976 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban terbesar (envelope)  $T_u = 9,24 \text{ kNm}$

$$T_n = \frac{T_u}{\emptyset} = \frac{9240000 \text{ Nmm}}{0,75} = 12320000 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila momen puntir terfaktor ( $T_u$ ) kurang dari  $T_{u \text{ min}}$ .

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ min}} &= \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left( \frac{112500^2}{1400} \right) \\
 &= 3329280,501 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_u &> T_{u \text{ min}} \\
 924000 \text{ Nmm} &> 3329280,501 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

#### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{B_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o \cdot z}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{91310}{250 \cdot 387,5}\right)^2 + \left(\frac{9240000 \cdot 976}{1,7 \cdot 49536^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{95889,8}{250 \cdot 387,5} + 0,66 \sqrt{35}\right)$$

$$2,35 \leq 3,41 \text{ (OK)}$$

Maka, momen puntir balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

### Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847-2013 pasal 11/5/3/7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_L = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 49536 \text{ mm}^2 \\ &= 42105,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{12306667}{2 \cdot 42105,6 \cdot 400 \cdot \cot 45} \\ &= 0,365 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_L &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta \\ A_L &= 0,358 \cdot 976 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \cdot 1 \\ A_L &= 356,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dengan,  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{F_{yt}}$

$$0,175 \frac{b_w}{F_{yt}} = 0,175 \frac{250}{400} = 0,109$$

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{35} \cdot 112500}{400} - 0,366 \cdot 976 \cdot \frac{400}{400} \\ &= 341,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Al perlu > Al min maka dipakai Al perlu = 356,58 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{356,58}{4} = 89,146 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan
- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik

$$\text{Maka luasan akhir} = 178,29 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$n = \frac{178,29}{132,73} = 1,34 \approx 2$$

Maka dipasang tulangan puntir 2 D 13

Kontrol Luasan Tulangan Puntir

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas D puntir} \\ &= 2 \cdot 132,73 \text{ mm}^2 \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 265,46 \text{ mm}^2 &> 178,48 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### Tulangan Puntir untuk Geser

#### **Pada Daerah Tumpuan**

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned}\frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{205735}{400 \cdot 387,5} \\ &= 1,327 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\begin{aligned}\frac{A_{vt}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,327 + 2 (0,366) \\ &= 2,059 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 200

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 1,32 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D13 – 120

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{120 \text{ mm}} = 2,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D13 – 120.

#### **Pada Daerah Lapangan**

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned}\frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{205735}{400 \cdot 389} \\ &= 1,327 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$



Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\begin{aligned}\frac{A_{vt}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,327 + 2 (0,366) \\ &= 2,059 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 200

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 1,32 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D13 – 120

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{120 \text{ mm}} = 2,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D13 – 120.

#### 7.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan disetiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.

##### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3. Panjang penyaluran untuk baying ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)

- Perhitungan Panjang Penyaluran :

$$l_d = \left[ \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\frac{Cb + K_{tr}}{Db}} \right] \cdot db$$

Dimana :

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 \Psi_t &= 1,3 \text{ (faktor lokasi penulangan)} \\
 \Psi_e &= 1,5 \text{ (faktor pelapis)} \\
 \Psi_s &= 1,0 \text{ (faktor ukuran tulangan)} \\
 \lambda &= 1,0 \text{ (beton normal)} \\
 db &= 22 \text{ m (diameter tulanga)}
 \end{aligned}$$

Cb yang terkecil dari :

c. Jarak pusat tulangan ke permukaan beton terdekat

$$\begin{aligned}
 Cb &= \text{cover} + \text{sengkan} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan

$$\begin{aligned}
 Cb &= S_{\max} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur} + \frac{1}{2} D. \text{ lentur} \\
 &= 25 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 47 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $Cb = 47 \text{ mm}$

$$K_{tr} = 0 \text{ (Indeks tulangan transversal)}$$

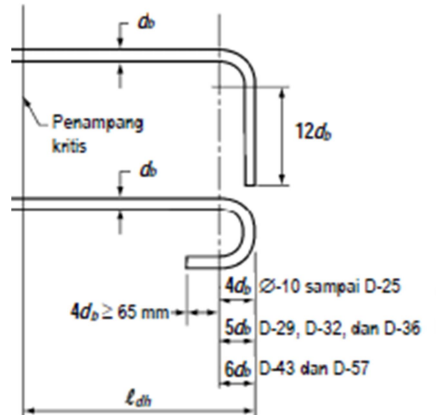
$$\begin{aligned}
 ld &= \left[ \frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 1}{\frac{47+0}{22}} \right] \cdot 16 \\
 &= 529,03 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka jarak  $ld$  dipakai  $= 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$  (memenuhi)

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standart  $ldh$  ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari  $8db$  dan  $150 \text{ mm}$ .

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart



**Gambar 7. 13** Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

$$\begin{aligned}
 ldh &= \frac{fy \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{fc}} \\
 &= \frac{400 \cdot 16}{5,4 \cdot \sqrt{35}} \\
 &= 200,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$ldh$  tidak boleh kurang dari :

- $8 db = 8 \cdot 16 \text{ mm} = 128 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Maka dipakai  $ldh = 250 \text{ mm}$  (memenuhi)

### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan  $ldc$  dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan  $ldc$  harus diambil sebesar yang terbesar dari :

$$\begin{aligned}
 - \quad ldc &= \frac{0,24 \cdot fy \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{fc}} \\
 &= \frac{0,24 \cdot 400 \cdot 16}{1 \cdot \sqrt{35}} \\
 &= 259,63 \text{ mm} \\
 - \quad ldc &= 0,043 \cdot fy \cdot db \\
 &= 0,043 \cdot 400 \cdot 16 \text{ mm} \\
 &= 275,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan =  $280 \text{ mm}$

#### 7.4.8 Kontrol Retak pada Balok Anak

Spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 persamaan 10-4):

$$s = 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2 C_c$$

$C_c$  = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

$f_s$  = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,67 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} C_c &= t_{\text{selimut beton}} + \text{diameter tulangan sengkang} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 380 \left( \frac{280}{266,67} \right) - 2 (53 \text{ mm}) \\ &= 253,95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$300 \left( \frac{280}{f_s} \right) = 300 \left( \frac{880}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan didaerah tumpuan = 156 mm ( tidak lebih dari 253,95 mm dan 315 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK LIFT (BL) 250 X 450		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	2 D 16	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 16	2 D 16	2 D 16
SENGKANG	2D13-120	2D13-120	2D13-120

Gambar 7. 14 Detail Balok *Lift*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VIII**

### **ANALISA STRUKTUR BANGUNAN PRIMER**

#### **8.1 Umum**

Struktur primer memegang peran penting dalam kekuatan suatu gedung. Untuk perencanaan struktur primer pada Tugas Akhir ini menggunakan Sistem Ganda, yang berperilaku sebagai satu kesatuan sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul sistem rangka pemikul momen dan dinding geser. Didalam perencanaan gedung dengan menggunakan sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Berdasarkan nilai Kategori Desain Seismik (KDS) gedung hotel dalam Tugas Akhir ini termasuk Kategori Desain Seismik D maka struktur primer didesain menggunakan aturan perencanaan beton untuk SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Struktur primer yang direncanakan yaitu,

1. Balok Utama
2. Kolom
3. Hubungan Balok Kolom
4. Dinding Geser (*Shear Wall*)

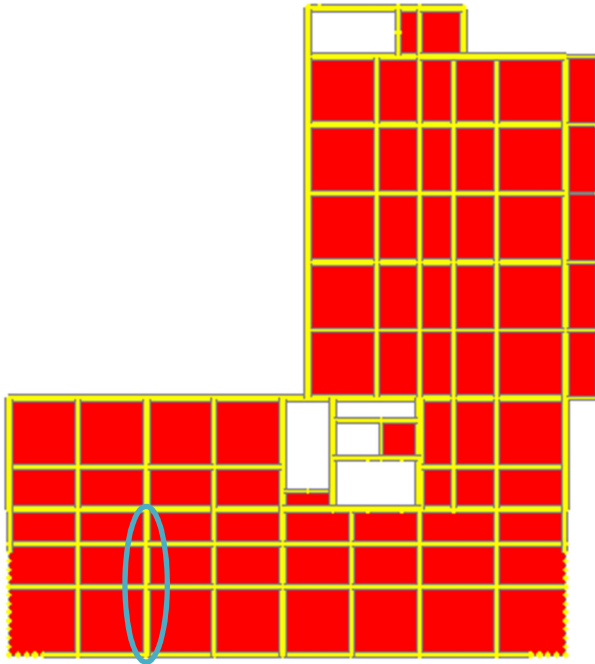
#### **8.2 Desain Balok Induk (Balok Utama)**

Perhitungan balok induk 40/70 ditinjau pada elevasi +5,00 pada As 5. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output, dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

##### **8.2.1 Data-data perencanaan tulangan balok**

Tipe Balok	: 40/70
Bentang balok (L balok)	: 8500 mm
Dimensi balok (b balok)	: 400 mm
Dimensi balok (h balok)	: 700 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Kuat leleh tul. lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tul. Geser ( $f_{yv}$ )	: 400 MPa

Kuat leleh tul. puntir (fyt) : 400 MPa  
 Diameter tul. lentur (D lentur) : 25 mm  
 Diameter tul. geser ( $\emptyset$  Geser) : 13 mm  
 Diameter tul. puntir ( $\emptyset$  Puntir) : 16 mm  
 Tebal selimut beton : 40 mm  
 Faktor reduksi kuat lentur : 0,9 (SNI 2847-2013 ps. 9.3.2.7)  
 Faktor reduksi kuat geser : 0,75 (SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)  
 Faktor reduksi kuat torsi : 0,75 (SNI 2847-2013 ps 9.3.2.3)  
 $\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-3}{28-3} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8$  (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)



Gambar 8. 1 Gambar Denah Balok yang Ditinjau  
Menghitung tinggi efektif balok :

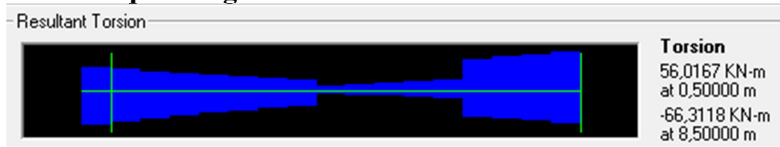
$$\begin{aligned}
 d &= h - t.\text{cover} - \emptyset \text{ geser} - \frac{1}{2} D \text{ lentur} \\
 &= 700 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 25
 \end{aligned}$$

$$= 634,5 \text{ mm}$$

### 8.2.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari SAP 2000

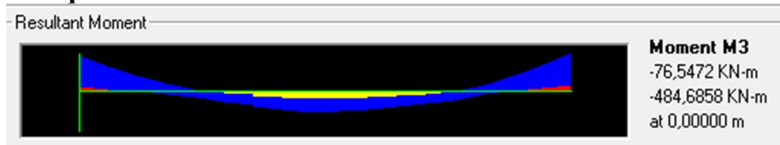
Setelah dilakukan analisa menggunakan SAP 2000 didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output SAP 2000 diambil dari beban kombinasi terbesar (*envelope*). Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

#### Hasil Output Diagram Torsi



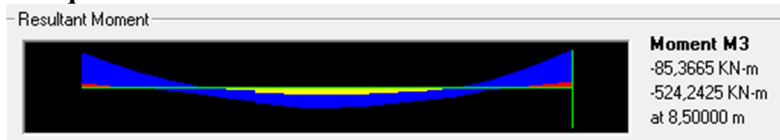
$$T_u = 66,31 \text{ kNm}$$

#### Hasil Output Diagram Momen Lentur Tumpuan Kiri



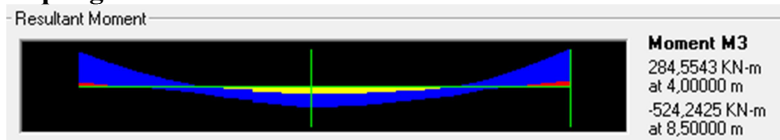
$$M_u \text{ negatif} = 484,68 \text{ kNm}$$

#### Tumpuan Kanan



$$M_u \text{ negatif} = 524,24 \text{ kNm}$$

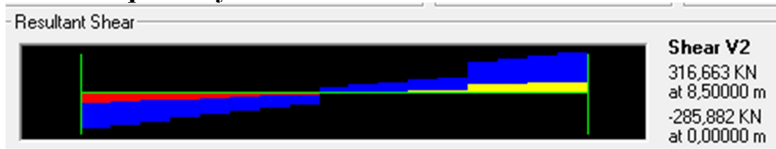
#### Lapangan



$$M_u = 284,24 \text{ kNm}$$

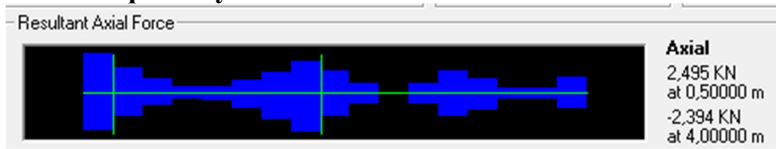


### Hasil Output Gaya Geser



$V_u = 316,66 \text{ kN}$

### Hasil Output Gaya Aksial



$P_u = 2,495 \text{ kN}$

### 8.2.3 Syarat Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal berikut ini :

- g. Gaya aksila tekan terfaktor tidak boleh melebihi:

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} = \frac{400 \cdot 700 \cdot 35}{10} = 980 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi terbesar adalah  $2,495 \text{ kN} < 980 \text{ kN}$  (OK)

- h. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$d = 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{dimensi kolom } l = 800 \times 800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Bentang bersih } (L_n) &= 8500 - (400 + 400) \\ &= 7700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4d &= 4 \cdot 634,5 \text{ mm} \\ &= 2538 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_n > 4d$$

$$7775 \text{ mm} > 2538 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- i. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh lebih dari 0,3.

$$\frac{b}{h} \geq 0,3$$

$$\frac{400}{700} \geq 0,3$$

$$0,57 > 0,3 \text{ (OK)}$$

#### 8.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur

##### DAERAH TUMPUAN KANAN

**Momen negatif tumpuan, goyangan ke kanan**

$$M_u = 524,24 \text{ kNm}$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + } \right) \cdot d$$

$$= \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \cdot 634,5$$

$$= 380,7$$

$$X_{\max} = 0,75 \cdot X_b$$

$$= 0,75 \cdot 380,7$$

$$= 285,53$$

$$X_{\min} = h - d$$

$$= 700 - 634,5$$

$$= 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 140 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 140 \text{ mm}$$

$$= 1332800 \text{ Nmm}$$

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{F_y}$$

$$= \frac{1332800}{400}$$

$$= 3332 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right)$$

$$= 3332 \cdot 400 \cdot \left( 634,5 - \frac{0,8 \cdot 140}{2} \right)$$

$$= 7771024800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{524240000 \text{ Nmm}}{0,9} = 582491666,7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 582491666,7 \text{ Nmm} - 7771024800 \text{ Nmm} \\ &= -188533133,3 \text{ Nmm} < 0 \text{ (tulangan tunggal)} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{582491666,7}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 3,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 3,61}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0096 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{lcl} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 < & 0,0096 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0096$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0096 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm} \\ &= 2454,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 5 D 25

$$A_s \text{ pakai} = 2454,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} s_{\max} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ s_{\max} &= \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (5 \cdot 25)}{5-1} \\ s_{\max} &= 42,25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 82,5 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ \phi M_n &= 0,9 \cdot 2454,4 \cdot 400 \cdot \left(634,5 - \frac{82,5}{2}\right) \\ \phi M_n &= 524249728,2 \text{ Nmm} = 524,24 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$524,24 \text{ kNm} > 524,24 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

**Cek penampang *tension-controlled***

$$\begin{aligned} \frac{a}{d_t} &< 0,375 \beta \\ \frac{82,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} &< 0,375 \cdot 0,8 \\ 0,13 &< 0,3 \quad (\text{OK, desain tulangan } \textit{under-reinforced}) \end{aligned}$$

**Momen positif tumpuan, goyangan ke kiri**

$$M_u = 262,12 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{262120000 \text{ Nmm}}{0,9} = 291245833,3 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{291245833,3}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 1,808 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,808}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0046$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0046 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0046$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0046 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$= 1184,7 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3 D 25

$$\text{As pakai} = 1472,6 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 25)}{3-1}$$

$$s_{\max} = 109,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 49,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1472,6 \cdot 400 \cdot \left( 634,5 - \frac{49,5}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 323255188,5 \text{ Nmm} = 323,26 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$323,26 \text{ kNm} > 262,12 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

**Cek penampang *tension-controlled***

$$\frac{a}{d_t} < 0,375 \beta$$

$$\frac{49,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} < 0,375 \cdot 0,8$$

$$0,078 < 0,3 \text{ (OK, desain tulangan *under-reinforced*)}$$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$\phi M_n \text{ pasang} + > 0,5 \cdot \phi M_n \text{ pasang} -$

$$323,26 \text{ kNm} > 262,09 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

**DAERAH TUMPUAN KIRI****Momen negatif tumpuan, goyangan ke kanan**

$$M_u = 484,69 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} X_b &= \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot d \\ &= \left( \frac{600}{600 + 4} \right) \cdot 634,5 \\ &= 380,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_b \\ &= 0,75 \cdot 380,7 \\ &= 285,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\min} &= h - d \\ &= 700 - 634,5 \\ &= 65,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 140 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 140 \text{ mm} \\ &= 1332800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{C_c'}{F_y} \\ &= \frac{1332800}{400} \\ &= 3332 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot F_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right) \\ &= 3332 \cdot 400 \cdot \left( 634,5 - \frac{0,8 \cdot 140}{2} \right) \\ &= 7771024800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{484690000 \text{ Nmm}}{0,9} = 538539777,8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 538539777,8 \text{ Nmm} - 7771024800 \text{ Nmm} \\ &= -232485022,2 \text{ Nmm} < 0 \text{ (tulangan tunggal)} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{538539777,8}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 3,344 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 3,344}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0088 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & < & 0,0088 & < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0088$



$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0088 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm} \\
 &= 2256,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 5 D 25

$$A_s \text{ pakai} = 2454,4 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1} \\
 s_{\text{max}} &= \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (5 \cdot 25)}{5-1} \\
 s_{\text{max}} &= 42,25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 82,5 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 \phi M_n &= 0,9 \cdot 2454,4 \cdot 400 \cdot \left( 634,5 - \frac{82,5}{2} \right) \\
 \phi M_n &= 524179728,2 \text{ Nmm} = 524,18 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$524,18 \text{ kNm} > 484,69 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

**Cek penampang *tension-controlled***

$$\begin{aligned}
 \frac{a}{d_t} &< 0,375 \beta \\
 \frac{82,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} &< 0,375 \cdot 0,8 \\
 0,13 &< 0,3 \quad (\text{OK, desain tulangan } \textit{under-reinforced})
 \end{aligned}$$

**Momen positif tumpuan, goyangan ke kiri**

$$M_u = 242,34 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{0,9} = \frac{242340000 \text{ Nmm}}{0,9} = 269269888,9 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{269269888,9}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 1,67 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,67}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0043\end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\text{max}}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccc}\rho_{\text{min}} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 & > & 0,0043 & < & 0,027 \quad (\text{OKE})\end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0043$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0043 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm} \\ &= 1092,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 25

$$A_s \text{ pakai} = 1472,6 \text{ mm}^2$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 25)}{3-1}$$

$$s_{\max} = 109,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 49,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1472,6 \cdot 400 \cdot \left(636 - \frac{49,5}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 323255188,5 \text{ Nmm} = 323,26 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$323,26 \text{ kNm} > 241,65 \text{ kNm (OK)}$$

### Cek penampang *tension-controlled*

$$\frac{a}{d_t} < 0,375 \beta$$

$$\frac{49,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} < 0,375 \cdot 0,8$$

$$0,078 < 0,3 \text{ (OK, desain tulangan } \textit{under-reinforced})$$

Pada SNI beton 2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\phi M_n \text{ pasang} + > 0,5 \cdot \phi M_n \text{ pasang} -$$

$$323,26 \text{ kNm} > 262,09 \text{ kNm (OK)}$$

### **DAERAH LAPANGAN**

**Momen positif, goyangan ke kanan dan ke kiri**

$$M_u = 284,55 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot d \\
 &= \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \cdot 634,5 \\
 &= 380,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \cdot X_b \\
 &= 0,75 \cdot 380,7 \\
 &= 285,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= h - d \\
 &= 700 - 634,5 \\
 &= 65,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 140 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 140 \text{ mm} \\
 &= 1332800 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c'}{F_y} \\
 &= \frac{1332800}{400} \\
 &= 3332 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot F_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right) \\
 &= 3332 \cdot 400 \cdot \left( 634,5 - \frac{0,8 \cdot 140}{2} \right) \\
 &= 7771024800 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{284550000 \text{ Nmm}}{0,9} = 316211111,1 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n - M_{nc} &= 284550000 \text{ Nmm} - 7771024800 \text{ Nmm} \\
 &= -454848133,3 \text{ Nmm} < 0 \text{ (tulangan tunggal)}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\ R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2}\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{316211111,1}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 1,963 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 1,963}{400}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,0050\end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc}\rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0,0035 & < & 0,0050 & < & 0,027 \quad (\text{OKE})\end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0050$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0050 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm} \\ &= 888,3 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 25

As pakai =  $1472,6 \text{ mm}^2$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 25)}{3-1}$$

$$s_{\max} = 109,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 49,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1472,6 \cdot 400 \cdot \left(634,5 - \frac{49,5}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 323255188,5 \text{ Nmm} = 323,26 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$323,26 \text{ kNm} > 284,59 \text{ kNm}$  (OK)

**Cek penampang *tension-controlled***

$$\frac{a}{d_t} < 0,375 \beta$$

$$\frac{49,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} < 0,375 \cdot 0,8$$

$$0,078 < 0,3 \text{ (OK, desain tulangan *under-reinforced*)}$$

**Momen negatif lapangan**

Pada SNI beton 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 mengharuskan sekurang-kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum ada pada di sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

Kuat momen negatif – positif terbesar =  $524,24 \text{ kNm}$

$\frac{1}{4}$  kuat momen negatif – positif =  $131,06 \text{ kNm}$

$M_u = 131,06 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{131060000 \text{ Nmm}}{0,9} = 145208333,3 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,036 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ m &= \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \\ R_n &= \frac{145208333,3}{0,8 \cdot 400 \cdot 634,5^2} = 0,901 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot 0,901}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0022$$

$\rho_{\min}$  ,  $\rho_{\text{perlu}}$  , dan  $\rho_{\max}$  harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\max} \\ 0,0035 > & 0,0022 < & 0,027 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 888,3 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 25

$$\text{As pakai} = 981,75 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$s_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot D_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$s_{\max} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - (2 \cdot 25)}{2-1}$$

$$s_{\max} = 244 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{981,75 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 33 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 981,75 \cdot 400 \cdot \left(634,5 - \frac{33}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 218419242,9 \text{ Nmm} = 218,4 \text{ kNm}$$

$\phi M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$218,4 \text{ kNm} > 130,69 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

**Cek penampang *tension-controlled***

$$\frac{a}{d_t} < 0,375 \beta$$

$$\frac{49,5 \text{ mm}}{634,5 \text{ mm}} < 0,375 \cdot 0,8$$

$$0,078 < 0,3 \text{ (OK, desain tulangan } \textit{under-reinforced})$$

REKAPITULASI						
No	Keterangan		Tulangan			As (mm <sup>2</sup> )
1	Tumpuan Kiri	Tarik	5	D	25	2454,37
2		Tekan	3	D	25	1472,62
3	Tumpuan Kanan	Tarik	5	D	25	2454,37
4		Tekan	3	D	25	1472,62
5	Lapangan	Tekan	2	D	25	981,75
6		Tarik	3	D	25	1472,62



**Menghitung Momen Probable**

- a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

$$A_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 103 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-1} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \cdot 2454,4 \cdot 400 \left( 634,5 - \frac{103}{2} \right) \\ &= 715372088,4 \text{ Nmm} \\ &= 715,37 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$A_{pr-3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 61,87 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-3} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \cdot 1472,6 \cdot 400 \left( 634,5 - \frac{61,87}{2} \right) \\ &= 444409627,3 \text{ Nmm} \\ &= 444,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

$$A_{pr-2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 103 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-2} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \cdot 2454,4 \cdot 400 \left( 634,5 - \frac{103}{2} \right) \\ &= 715372088,4 \text{ Nmm} \\ &= 715,37 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$A_{pr-4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 61,87 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,25 \cdot 1472,6 \cdot 400 \left( 634,5 - \frac{61,87}{2} \right) \\
 &= 444409627,3 \text{ Nmm} \\
 &= 444,4 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya geser rencana

$$V_g = 316,66 \text{ kN}$$

a. Struktur bergoyang ke kanan

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ka}} &= \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{\ln} \\
 &= \frac{715,37 + 444,4}{7,7} \\
 &= 150,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ki}} &= V_{\text{sway-ka}} - V_g \\
 &= 150,62 \text{ kN} - 316,66 \text{ kN} \\
 &= 166,04 \text{ kN (ke bawah)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ka}} &= V_{\text{sway-ka}} + V_g \\
 &= 150,62 \text{ kN} + 316,6 \text{ kN} \\
 &= 467,28 \text{ kN (ke atas)}
 \end{aligned}$$

b. Struktur bergoyang ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ki}} &= \frac{M_{pr-2} + M_{pr-4}}{\ln} \\
 &= \frac{715,37 + 444,4}{7,7} \\
 &= 150,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ki}} &= V_{\text{sway-ka}} + V_g \\
 &= 150,62 \text{ kN} + 316,66 \text{ kN} \\
 &= 467,28 \text{ kN (ke atas)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ka}} &= V_{\text{sway-ka}} - V_g \\
 &= 150,62 \text{ kN} - 316,66 \text{ kN} \\
 &= 1656,04 \text{ kN (ke bawah)}
 \end{aligned}$$

### 8.2.5 Perhitungan Tulangan Sengkang untuk Gaya Geser

Menurut SNI Beton 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 adalah kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu  $V_c$ , harus diambil=0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila:

- a. Gaya geser  $V_{\text{sway}}$  akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi  $\frac{1}{2}$  (atau lebih) kuat geser perlu maksimum,  $V_u$  di sepanjang bentang

Bergoyang ke kanan

$$\begin{array}{ll} V_{\text{sway}} \text{ ka} & > 0,5 V_u \text{ ki} \\ 150,62 & > 83,019 \text{ (OK)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{\text{sway}} \text{ ka} & > 0,5 V_u \text{ ka} \\ 150,62 & < 233,64 \text{ (NO)} \end{array}$$

Bergoyang ke kiri

$$\begin{array}{ll} V_{\text{sway}} \text{ ki} & > 0,5 V_u \text{ ki} \\ 150,62 & < 233,64 \text{ (NO)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{\text{sway}} \text{ ki} & > 0,5 V_u \text{ ka} \\ 150,62 & > 83,019 \text{ (OK)} \end{array}$$

- b. Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa, kurang dari  $A_g f_c' / 20$ .

$$\frac{A_g f_c'}{20} = \frac{280000 \cdot 35}{20} = 490 \text{ kN}$$

$$P_u = 2,151 \text{ kN (memenuhi)}$$

Maka,  $V_c$  harus diperhitungkan

**Muka Kolom Interior Kiri**

$$V_u = 467,28 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 250,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{467,15}{0,75} - 250,25 = 373 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 1001 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s < V_s \text{ max}$$

$$370 \text{ kN} < 1001 \text{ kN (memenuhi)}$$

Spasi tulangan diatur melalui persamaan:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d}$$

Coba diameter tulangan sengkang D13 dipasang 2 kaki ( $A_v = 265,5 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 634,5}{373} \\ &= 180,73 \text{ mm} \approx 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{265,5 \cdot 400 \cdot 634,5}{180} \\ &= 374,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ pakai} > V_s \text{ perlu}$$

$$374,31 \text{ kN} > 373 \text{ kN}$$

### Muka Kolom Interior Kanan

$$V_u = 467,28 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 250,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{467,15}{0,75} - 250,25 = 373 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 1001 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s < V_s \text{ max}$$

$$373 \text{ kN} < 1001 \text{ kN (memenuhi)}$$

Spasi tulangan diatur melalui persamaan:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d}$$

Coba diameter tulangan sengkang D13 dipasang 2 kaki ( $A_v = 265,5 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 634,5}{373} \\ &= 181,5 \text{ mm} \approx 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{265,4 \cdot 240 \cdot 634,5}{180} \\ &= 374,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

$V_s$  pakai  $> V_s$  perlu  
374,31 kN  $> 373 \text{ kN}$  (memenuhi)

### Ujung Zona Sendi Plastis

Gaya geser maksimum,  $V_u$  di ujung zona sendi plastis, yaitu  $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$  dari muka kolom adalah  $467,28 \text{ kN} - (1,4 \text{ m} \cdot 82,25 \text{ kN/m}) = 352,13 \text{ kN}$ .  $V_c$  harus diperhitungkan, yaitu :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 250,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{352,13}{0,75} - 250,25 \text{ kN} = 219,26 \text{ kN}$$

Coba tulangan sengkang diameter 13 mm dengan 2 kaki ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 634,5}{219,26} \\ &= 307,28 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 634,5}{200} \end{aligned}$$

$$= 336,87 \text{ kN}$$

$V_s \text{ pakai} > V_s \text{ perlu}$

$336,87 \text{ kN} > 219,28 \text{ kN}$  (memenuhi)

Menurut SNI beton 2847-2013 pasal 21.5.3.1 diperlukan sengkang tertutup disepanjang jarak  $2h$  dari sisi muka kolom terdekat  $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm} = 1,4 \text{ m}$ .

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

1.  $d/4 = 634,5/4 = 158,63 \text{ mm}$
2. enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. 150 mm.

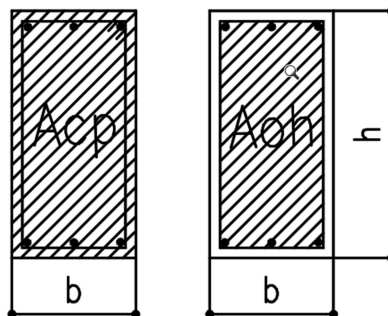
Tapi, tidak perlu kurang dari 100 mm. Dengan demikian tulangan sengkang di daerah sendi plastis (yaitu 1,4 m dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 2 kaki D13 yang dipasang dengan spasi 180 mm.

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah  $d/2$ .

$$s_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,3 \text{ mm}$$

dari hasil perhitungan di atas, untuk bentang di luar zona sendi plastis, gunakan sengkang 2 kaki D13 dengan spasi 200 mm.

### 8.2.6 Perhitungan Penulangan Puntir



Gambar 8. 2 Luasan Acp dan Aoh

Luasan yang dibarasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \cdot h \\
 &= 400 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\
 &= 280000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\
 &= 2 \cdot (400 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) \\
 &= 2200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \cdot (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) \\
 &= (400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) \cdot (700 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) \\
 &= 176436 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2((b_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{selimut}} - 2 \cdot \emptyset_{\text{geser}})) \\
 &= 2((400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13)) + (700 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13))) \\
 &= 1776 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban terbesar (envelope)  $T_u = 66,31 \text{ kNm}$

$$T_n = \frac{T_u}{\emptyset} = \frac{66310000 \text{ Nmm}}{0,75} = 88415733 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila momen puntir terfaktor ( $T_u$ ) kurang dari  $T_u \text{ min}$ .

$$\begin{aligned}
 T_u \text{ min} &= \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left( \frac{280000^2}{2200} \right) \\
 &= 13124016,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_u &> T_u \text{ min} \\
 66310000 &> 13124016,26 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

#### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{B_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o \cdot z}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{316660}{400 \cdot 634,5}\right)^2 + \left(\frac{66310000 \cdot 1776}{1,7 \cdot 174636^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{250250,17}{400 \cdot 634,5} + 0,66 \sqrt{35}\right)$$

$$2,59 \leq 3,69 \text{ (OK)}$$

Maka, momen puntir balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

### Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847-2013 pasal 11/5/3/7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_L = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 174636 \text{ mm}^2 \\ &= 148440,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{88415733,3}{2 \cdot 148440,6 \cdot 400 \cdot \cot 45} \\ &= 0,744 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_L &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta \\ A_L &= 0,744 \cdot 1776 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \cdot 1 \\ A_L &= 1322,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dengan,  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{F_{yt}}$

$$0,175 \frac{b_w}{F_{yt}} = 0,175 \frac{400}{400} = 0,175$$

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{35} \cdot 280000}{400} - 0,744 \cdot 1776 \cdot \frac{400}{400} \\ &= 417,03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Al perlu > Al min maka dipakai Al perlu = 1322,3 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{1322,3}{4} = 330,57 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan
- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik

$$\text{Maka luasan akhir} = 661,15 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{661,15}{201,06} = 3,28 \approx 4$$

Maka dipasang tulangan puntir 4 D 16

Kontrol Luasan Tulangan Puntir

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas } D \text{ puntir} \\ &= 4 \cdot 201,06 \text{ mm}^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 804,247 \text{ mm}^2 &> 661,15 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### Tulangan Puntir untuk Geser

#### **Pada Daerah Tumpuan**

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned}\frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{374305}{400 \cdot 634,5} \\ &= 1,475 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\begin{aligned}\frac{A_{vt}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,475 + 2 (0,744) \\ &= 2,964 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 180

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{180 \text{ mm}} = 1,47 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 3 kaki D13 – 130

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{398,19 \text{ mm}^2}{130 \text{ mm}} = 3,06 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 3 kaki D13 – 130.

#### **Pada Daerah Lapangan**

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\begin{aligned}\frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{336875}{400 \cdot 389} \\ &= 1,327 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi adalah :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s}$$

$$= 1,327 + 2 (0,744)$$

$$= 2,816 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 200

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 1,32 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} < \frac{A_v t}{s}$ , maka tulangan geser terpasang belum mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 3 kaki D13 – 130

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{398,19 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}} = 3,06 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_v t}{s}$ , maka tulangan geser mampu menahan gaya geser dan torsi. Jadi, tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 3 kaki D13 – 130

### 8.2.7 Cut-off points.

Dari diagram momen balok, tulangan perlu untuk momen negatif di ujung-ujung balok dapat dipotong di titik-titik dimana tulangan sudah tidak diperlukan lagi. Namun tetap harus diingat bahwa setidaknya ada dua buah tulangan yang dibuat menerus masing-masing dibagian atas dan bawah penampang balok.

a. Tulangan negatif di muka kolom interior

Jumlah tulangan atas terpasang adalah 5 buah, yaitu 5 D 25.

Dua tulangan atas D 25 akan dipasang menerus sepanjang bentang. Tiga buah tulangan lainnya akan dipotong, sehingga

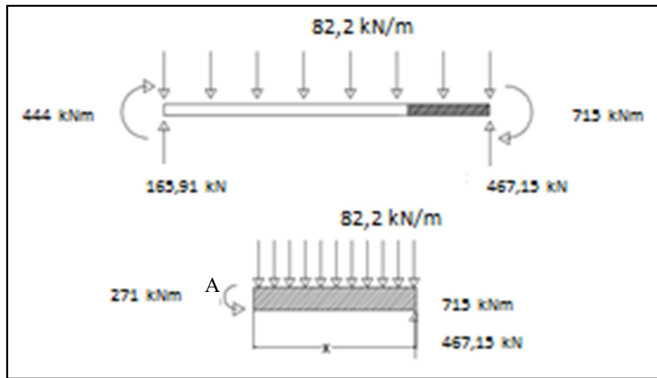
As sisa =  $1472,6 \text{ mm}^2$ . Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 49,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1472,6 \cdot 400 \cdot \left(634,5 - \frac{49,5}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 323255188,5 \text{ Nmm} = 323,26 \text{ kNm}$$



Gambar 8. 3 Sketsa Lokasi Penampang dengan momen 218,41 kNm

Untuk mendapatkan lokasi penampang dengan momen negatif rencana 271 kNm pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A.  $\Sigma M_A = 0$ .

$$82,2x \left( \frac{1}{2}x \right) - 467,15x + 444 = 0$$

$$41,1x^2 - 467,15x + 444 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{467,15 \pm \sqrt{467,15^2 - (4 \cdot 41,1 \cdot 444)}}{2 \cdot 41,1}$$

$$= 1,048 \text{ m}$$

Momen rencana 271 kNm terletak pada jarak 1,1 m dari muka kolom tumpuan kanan. Dalam SNI beton 2847-2013 pasal 12.10.4 mensyaratkan:

- Tulangan diteruskan melampaui titik dimana tulangan tersebut sudah tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur, sejauh tinggi efektif komponen struktur,  $d$  dan tidak kurang dari 12 db, kecuali pada daerah tumpuan balok sederhana dan pada daerah ujung bebas kantilever.
- Tulangan menerus harus mempunyai suatu panjang penanaman sejauh tidak kurang dari panjang penyaluran  $l_d$  diukur dari lokasi pemotongan tulangan lentur.

Untuk tulangan D25 (tabel SNI beton 2847-2013 pasal 12.2.2), panjang penyaluran sepanjang :

$$ld_{25} = \frac{fy \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}} \cdot db$$

Dimana,  $\psi_t = 1,3$  (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4(a))  
 $\psi_e = 1,0$  (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4(b))

$$ld_{25} = \frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 25 = 1292,6 \text{ mm}$$

Maka diambil  $ld_{25} = 1300\text{mm} = 1,3\text{m}$

Tulangan 2D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara :

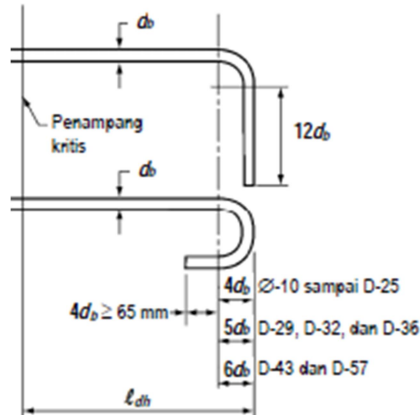
1.  $1048 \text{ mm} + \text{tinggi efektif (d untuk penampang di luar zona sendi plastis), } 1048 \text{ mm} + 634,5 \text{ mm} = 1682\text{mm.}$
2.  $1048 \text{ mm} + 12 db = 1048 \text{ mm} + 12(25\text{mm}) = 1348 \text{ mm}$
3.  $ld = 1300 \text{ mm}$  dari muka kolom
4.  $1048 \text{ mm} + ln/16 = 1048 \text{ mm} + 7700\text{mm}/16 = 1529 \text{ mm}$

Dengan demikian, tulangan 2D 25 ditanamkan sejauh 1,7m dari muka kolom tumpuan kanan. Panjang penyaluran dari muka kolom tumpuan kiri sama dengan muka kolom tumpuan kanan yaitu 1,7 m.

### **Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik**

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standart  $ldh$  ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart



**Gambar 7. 15** Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{f_y \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{f'c}} \\
 &= \frac{400 \cdot 25}{5,4 \cdot \sqrt{35}} \\
 &= 313,02 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$l_{dh}$  tidak boleh kurang dari :

- $8 \text{ db} = 8 \cdot 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Maka dipakai  $l_{dh} = 320 \text{ mm}$  (memenuhi)

### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan  $l_{dc}$  dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan  $l_{dc}$  harus diambil sebesar yang terbesar dari :

- $l_{dc} = \frac{0,24 \cdot f_y \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{f'c}}$   
 $= \frac{0,24 \cdot 400 \cdot 25}{1 \cdot \sqrt{35}}$   
 $= 405,67 \text{ mm}$
- $l_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot db$   
 $= 0,043 \cdot 400 \cdot 25 \text{ mm}$   
 $= 430 \text{ mm}$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 430 mm

8.2.8 Kontrol Retak Pada Balok Induk

Spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 persamaan 10-4):

$$s=380\left(\frac{280}{f_s}\right)-2\ Cc$$

Cc = Jarak terkecil dari permukaan tulangan  
fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,67\text{ Mpa}$$

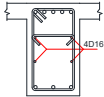
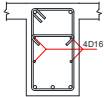
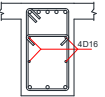
$$Cc = t_{\text{selimut beton}} + \text{diameter tulangan sengkang} \\ = 40\text{ mm} + 13\text{ mm} \\ = 53\text{ mm}$$

$$s = 380\left(\frac{280}{266,67}\right) - 2\ (53\text{ mm}) \\ = 246,45\text{ mm}$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$300\left(\frac{280}{f_s}\right) = 300\left(\frac{880}{266,67}\right) = 315\text{ mm}$$

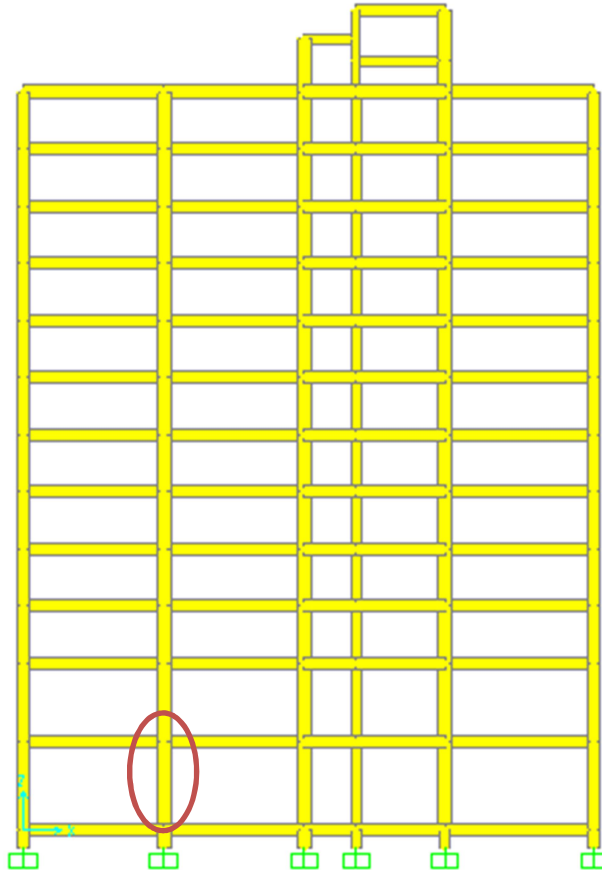
Jarak antar tulangan didaerah tumpuan = 114 mm ( melebihi 246,45 mm dan 315 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B11) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	3D13-130	3D13-140	3D13-130

Gambar 8. 4 Detail Penulangan Balok Induk

### 8.3 Desain Kolom

Kolom merupakan komponen utama struktur yang menahan beban aksial dan momen. Dalam perhitungan penulangan kolom dipilih AS-5B pada lantai 1. Adapun data perencanaan, gambar denah kolom, hasil *output* dan diagram gaya dalam *SAP 2000* ketentuan perhitungan penulangan kolom dengan metode SRPMK adalah sebagai berikut :



**Gambar 8. 5** Denah kolom yang ditinjau



### 8.3.1 Data Perencanaan Kolom

Dimensi Kolom	= 800 mm x 800 mm
Tinggi Kolom Desain	= 5 m
Tinggi Kolom Atas	= 4,5 m
Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )	= 35 Mpa
Kuat Leleh tulangan ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Diameter tul. longitudinal	= 25 mm
Diameter tul. sengkang	= 13 mm
Cover beton	= 40 mm

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{28-3}{28-3} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8 \text{ (SNI 1847:2013 Pasal 10.2.7.3)}$$

### 8.3.2 Hasil Output dan diagram gaya dalam dari SAP 2000

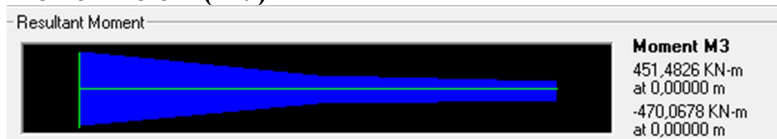
Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000* didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi terbesar (*envelope*). Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

#### Gaya Aksial (Pu)



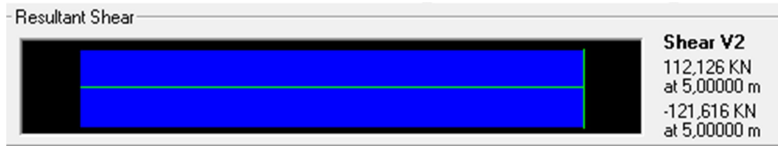
$$P_u = 9820,85 \text{ kN}$$

#### Momen Kolom (Mu)



$$M_u = 470,0678 \text{ kNm}$$

#### Gaya Geser



$$V_e = 121,61 \text{ kN}$$

### 8.3.3 Cek Syarat Kolom

Untuk komponen Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus memenuhi SNI 2847-2013 pasal 21.6.1):

1. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi :

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} = \frac{(800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm}) \cdot 35 \text{ N/mm}^2}{10} = 2240 \text{ kN}$$

Gaya aksial terfaktor melebihi dari yang diizinkan yaitu :  
 $9820 \text{ kN} > 2240 \text{ kN}$  (memenuhi)

2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.  
 $b = h = 800 \text{ mm}$  ( $800 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ , memenuhi)
3. Rasio dimensi penampang kolom tidak kurang dari 0,4.

$$\text{Rasio antara } b \text{ dan } h = \frac{800 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = 1 > 0,4 \text{ (memenuhi)}$$

### 8.3.4 Cek Konfigurasi Penulangan

Direnakan tulangan baja dengan dimensi 800 mm x 800 mm adalah 20 D 25. Dengan  $A_s = 9817,48 \text{ mm}^2$ . Rasio tulangan ( $\rho_g$ ) dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06.

$$\rho_g = \frac{9817,48 \text{ mm}^2}{800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm}} = 0,01534 \text{ (memenuhi)}$$

### 8.3.5 Cek Syarat *Strong Column Weak Beam*

Dimensi balok sisi kiri dan kanan kolom (400/700) :

h balok	= 700 mm
b balok	= 400 mm
tebal pelat	= 120 mm
diameter tul. pelat	= 10 mm
Jarak tulangan	= 150 mm
Diameter tul. lentur	= 25 mm
Diameter sengkang	= 13 mm

Cover balok = 40 mm

Cover pelat = 20 mm

Menghitung lebar efektif

$$be_1 = b_w + 2(h - t_{\text{pelat}}) = 400 + 2(700 - 120) = 1560 \text{ mm}$$

$$be_2 = b_w + 8 \cdot h_f = 400 + 8 \cdot 120 = 1360 \text{ mm}$$

Maka yang dipakai = 1360 mm

Menghitung tinggi efektif

Panjang plat sisi kiri balok :

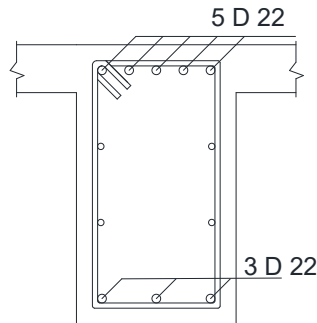
$$\frac{be - b_{\text{balok}}}{2} = \frac{1360 \text{ mm} - 400 \text{ mm}}{2} = 480 \text{ mm}$$

Panjang plat sisi kanan balok

$$\frac{be - b_{\text{balok}}}{2} = \frac{1360 \text{ mm} - 400 \text{ mm}}{2} = 480 \text{ mm}$$

Luas tulangan tarik balok = 2454,37 mm<sup>2</sup> (5 D 25)

Luas tulangan tekan balok = 1472,62 mm<sup>2</sup> (3 D 25)



Gambar 8. 6 Penampang Balok dan Pelat untuk Menentukan Tinggi Efektif

Jumlah tulangan plat sisi kiri balok

$$\frac{480}{\text{jarak tul. plat}} = \frac{480 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 4 \text{ buah}$$

Jumlah tulangan plat sisi kanan balok

$$\frac{480}{\text{jarak tul. plat}} = \frac{480 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 4 \text{ buah}$$

Luas tulangan tarik total

$$\begin{aligned} \text{As balok} + \text{As plat} &= 2454,37 \text{ mm}^2 + \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot (4+4) \right) \\ &= 3082,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{1901(40+13+25) + \left(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2\right) \left(20 - \frac{10}{2}\right) + \left(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \frac{10^2}{2}\right) \left(120 - 20 - \frac{10}{2}\right)}{2454,37} \\ &= 74,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{\text{atas}} = 700 - y = 700 - 74,33 = 625,67 \text{ mm}$$

$$d_{\text{bawah}} = 700 - 40 - 12 - \left(\frac{25}{2}\right) = 634,5 \text{ mm}$$

**Menentukan  $M_{nb}^+$  dan  $M_{nb}^-$**

$$a = \frac{As \cdot fy}{\beta \cdot fc' \cdot b} = \frac{1472,62 \cdot 400}{0,8 \cdot 35 \cdot 400} = 52,593 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^+ &= \emptyset \cdot As \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 1472,62 \cdot 400 \left( 634,5 - \frac{52,593}{2} \right) \\ &= 322435124 \text{ Nmm} \\ &= 322,43 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{\beta \cdot fc' \cdot b} = \frac{3082,69 \cdot 400}{0,8 \cdot 35 \cdot 400} = 110,09 \text{ mm}$$

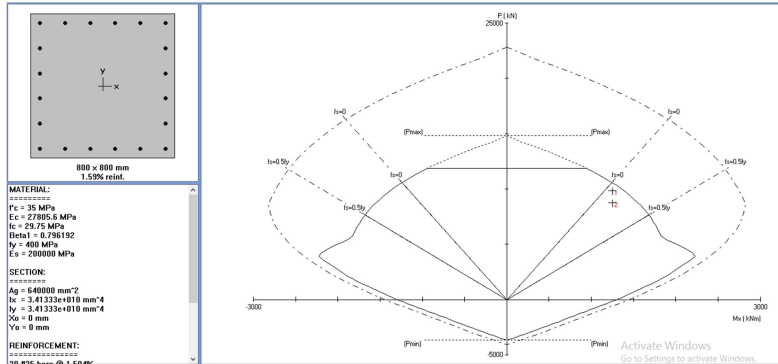
$$\begin{aligned} M_{nb}^- &= \emptyset \cdot As \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 32082,69 \cdot 400 \left( 625,67 - \frac{110,09}{2} \right) \\ &= 633256471 \text{ Nmm} \\ &= 633,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb}^+ + M_{nb}^- \\ &= 322,43 \text{ kNm} + 633,25 \text{ kNm} \\ &= 955,69 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$1,2 \Sigma M_{nb} = 1,2 \cdot 955,69 \text{ kNm} = 1146,83 \text{ kNm}$$

### Menentukan nilai Mnc

Nilai Mnc didapat dari diagram interaksi P-M dengan *SPCOLUMN*. Diagram interaksi kolom ditampilkan pada Gambar 8.8 dan hasil Mnc ditampilkan pada Gambar 8.9.



Gambar 8. 7 Diagram interaksi kolom pada program bantu *SPColumn*

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:								
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	9820.90	1248.00	1385.42	1.110	696	747	0.00022	0.650
2	8738.40	1248.00	1551.26	1.243	627	747	0.00057	0.650

Gambar 8. 8 Nilai Mnc pada kolom

Dari Gambar 8.9 dapat diketahui  $M_{nc_{atas}}$  dan  $M_{nc_{bawah}}$  adalah 1385,42 kNm dan 1551,26 kNm.

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_{nc} &= M_{nc_{atas}} + M_{nc_{bawah}} \\
 &= 1385,42 \text{ kNm} + 1551,26 \text{ kNm} \\
 &= 2936,68 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$2936,68 \text{ kNm} > 1146,83 \text{ kNm (Strong Column Weak Beam)}$$

### 8.3.6 Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*

Total luas penampang *hoops* (Ash) tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4 (b)) :

$$Ash = 0,3 \left( \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ atau}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

Dipakai tulangan D 13 dengan 3 kaki ( $Ash = 603,186 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton ( yang terkekang )} \\ &= b_w - 2(\text{cover} + \frac{1}{2} db) \\ &= 800 \text{ mm} - 2 (40 \text{ mm} + \frac{1}{2} 13 \text{ mm}) \\ &= 707 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{Luas penampang inti beton} \\ &= (b_w - 2(\text{cover})) \cdot (b_w - 2(\text{cover})) \\ &= (800 \text{ mm} - 2 \cdot 40)^2 \\ &= 518400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \frac{Ash}{s} &= 0,3 \left( \frac{b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \left( \frac{707 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \left( \frac{800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm}}{518400} - 1 \right) \\ &= 4,35 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Dan

$$\begin{aligned} \frac{Ash}{s} &= \frac{0,09 \cdot b_c \cdot f_c}{f_{yt}} \\ &= \frac{0,09 \cdot 707 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 5,57 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi tulangan transversal sepanjang *lo* komponen struktur tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3) :

1.  $\frac{1}{4}$  b kolom =  $\frac{1}{4} \cdot 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
2. 6 diameter tulangan terkecil =  $6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 3. \quad s_0 &= 100 + \left( \frac{350-h}{3} \right) \\
 hx &= \frac{2}{3} bc \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 707 \text{ mm} \\
 &= 471,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_0 &= 100 + \left( \frac{350 - 471,33 \text{ mm}}{3} \right) \\
 &= 59,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai  $s_0$  tidak boleh kurang dari 100 mm, maka diambil  $s_0 = 100 \text{ mm}$ .

$$\text{Ash-1} = 4,35 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 100 \text{ mm} = 435 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash-2} = 5,56 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 100 \text{ mm} = 556 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan D13 dengan 5 kaki, luas penampang =  $663,66 \text{ mm}^2$ . (Kebutuhan  $\text{Ash}_{\min}$  terpenuhi yaitu  $556 \text{ mm}^2 < 663,66 \text{ mm}^2$ )

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1) :

1. Tinggi elemen kolom  $h$ , di join = 800 mm
2.  $1/6$  tinggi bersih kolom =  $1/6 \cdot 4300 = 716,67 \text{ mm}$
3. 450 mm

Makadiambil  $l_o = 800 \text{ mm}$

Sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum 150 mm, atau 6 kali diameter tulangan longitudinal, yaitu =  $6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

### 8.3.7 Desai Tulangan Geser

$V_e$  tidak perlu lebih besar dari  $V_{sway}$  yang dihitung dari  $M_{pr}$  balok :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_{top}} \cdot DF_{top} + M_{pr_{btm}} \cdot DF_{btm}}{l_u}$$

Dengan,

DF = faktor distribusi momen dibagian atas dan bawah kolom yang didesain.

Menentukan nilai DF

$$\begin{aligned}\frac{DF_{top}}{DF_{btm}} &= \frac{\frac{1}{L}}{\frac{1}{L}} \\ \frac{DF_{top}}{DF_{btm}} &= \frac{\frac{1}{4,5}}{\frac{1}{5}} \\ \frac{DF_{top}}{DF_{btm}} &= \frac{5}{4,5} \\ DF_{top} &= \frac{5}{4,5+5} = 0,53 \\ DF_{btm} &= \frac{4,5}{4,5+5} = 0,47\end{aligned}$$

$M_{pr_{top}}$  dan  $M_{pr_{btm}}$  adalah penjumlahan  $M_{pr}$  untuk masing-masing balok dilantai atas dan lantai bawah dimuka kolom interior.

$$M_{pr} = 1159,78 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}V_{sway} &= \frac{1159,78 \text{ kNm} \cdot 0,53 + 1159,78 \text{ kNm} \cdot 0,47}{4,3} \\ &= 269,72 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_e = 121,6 \text{ kN} < V_{sway} \text{ (OK)}$$

Jadi, diambil  $V_e = 269,72 \text{ kN}$

$V_c$  dapat diambil = 0 jika  $V_c$  akibat gempa lebih besar dari  $\frac{1}{2} V_u$  dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui:

$$\frac{5 \cdot A_g \cdot f_c'}{100} = \frac{5 \cdot 640000 \cdot 35}{100} = 1120000 \text{ N} = 1120 \text{ kN}$$

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa  $P_u = 9820 \text{ kN}$  lebih besar dari 1120 kN, maka  $V_c$  harus di perhitungkan.

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} = 579,38 \text{ kN}$$



**Kontrol Tulangan Geser**

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} \cdot V_c$$

$$\frac{269,72}{0,75} > \frac{1}{2} \cdot 579,381$$

$$359,62 > 289,69 \text{ (perlu tulangan geser)}$$

**Kontrol Kecukupan Tulangan Geser Minimum**

$$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$$

$$359,62 > 579,381 + \frac{1}{3} \cdot 800 \cdot 734,5$$

$$359,62 < 775,25$$

Suku kiri lebih kecil daripada suku kanan, maka hanya diperlukan tulangan geser minimum.

$$A_v \min = \frac{1 \cdot b_w \cdot s}{3 f_y}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan *confinement* 3 kaki D 16 dengan spasi 100 mm. didapat :

$$A_v \min = \frac{800 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 400 \text{ MPa}} = 66,67 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan 5 kaki D 13 didapat  $A_s = 663,66 \text{ mm}^2 > A_v \min$ , maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

**Untung Bentang di Luar *l\_o***

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.2.1.1 untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial,  $V_c$  :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$N_u$ , didapat dari gaya tekan aksial kombinasi beban gempa  $N_u = 9746,794 \text{ kN}$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{9820000}{14 \cdot 640000} \right) 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 800 \cdot 734,5$$

$$= 1238716,8 \text{ N}$$

$$= 1238,71 \text{ kN}$$

Karena  $V_c$  lebih besar dari  $\frac{V_u}{\phi}$  untuk bentang kolom diluar  $l_o$ , maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement*.

### 8.3.8 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3 \text{ } ld$  (SNI 2847-2013 pasal 12.15.1). Besarnya  $ld$  ditetapkan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan  $K_{tr} = 0$  untuk penyederhanaan desain.

$$ld = \left[ \frac{fy}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{Db}} \right] db$$

$$\begin{aligned} C_b &= t.\text{cover} + \varnothing \text{ tulangan geser} + \varnothing \text{ tulangan longitudinal} \\ &= 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25/2 \text{ mm} \\ &= 65,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ld &= \left[ \frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{\frac{65,5 + 0}{25}} \right] 25 \\ &= 586,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,3 \text{ } ld &= 1,3 \cdot 586,50 \text{ mm} \\ &= 762,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan sambungan lewatan sepanjang 800 mm.

## 8.4 Desain Hubungan Balok-Kolom SRPMK

Pada bagian perhitungan ini akan disampaikan hubungan balok-kolom (HBK) SRPMK, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom.

### 8.4.1 Cek Syarat Panjang Joint

Luas efektif hubungan balok-kolom, dinyatakan dalam  $A_j$ , (SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1).

$$\begin{aligned} A_j &= 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Panjang joint yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di joint sedikitnya 20 kali diameter longitudinal ( $db$ ). (SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.3)

Panjang joint =  $20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$  ( $800 \text{ mm} > 500 \text{ mm}$ , memenuhi)

#### 8.4.2 Tulangan Transversal untuk *Confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom.

$$0,5 \frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \cdot 5,54 \text{ mm}^2/\text{mm} = 2,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi vertical *hoops* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

Area tulangan *hoop* yang dibutuhkan

$$150 \text{ mm} \cdot 2,77 \text{ mm}^2/\text{mm} = 415,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai baja tulangan D 13 3 kaki,  $A_{sh} = 603,18 \text{ mm}^2 > 415,8 \text{ mm}^2$  (memenuhi).

#### 8.4.3 Perhitungan Gaya Geser pada Join

Balok yang memasuki pada join memiliki *probable moment* = 715,37 kNm dan 444,4 kNm. Pada join, kekakuan kolom bawah = 0,47 dan kekakuan kolom atas = 0,53.

$$\begin{aligned} V_{\text{sway}} &= \frac{1159,77 \text{ kNm} \cdot 0,53 + 1159,77 \text{ kNm} \cdot 0,47}{4,3} \\ &= 269,717 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri

As balok kiri = 2454,37 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} T1 &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \\ &= 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1227185 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah

$$\begin{aligned} C1 &= T1 \\ &= 1227,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan

As balok kanan = 2454,37 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} T2 &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \\ &= 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1227185 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan adalah

$$\begin{aligned} C2 &= T2 \\ &= 1227,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser pada join

$$V_j = V_{\text{sway}} - T1 - C2$$

$$= 269,71 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN}$$

$$= 2184,65 \text{ kN}$$

Arah sesuai dengan T1

Kuat geser join yang dikekang di keempat sisinya adalah :

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j$$

$$= 1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 640000 \text{ mm}^2$$

$$= 6436695 \text{ N} = 6436,69 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 6436,69 \text{ kN}$$

$$= 4827,52 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_j$$

$$4827,52 \text{ kN} > 2184,65 \text{ kN} \text{ (kuat geser join memadai)}$$

### 8.5 Desain Dinding Geser (*Shearwall*)

Dinding geser direncanakan untuk menahan geser bidang dan momen lentur akibat gempa. Dalam bangunan ini terdapat 2 model dinding geser, yaitu SW1 dan SW2. Dengan tebal masing-masing 30 cm. Sebagai contoh perhitungan direncanakan dinding geser SW1 berdasarkan hasil analisa program bantu *SAP 2000*.

Berikut ini akan dibahas penulangan dinding geser. Adapun data-data perhitungan adalah sebagai berikut.

Data-data perencanaan :

Panjang (P)	: 6 m
Tebal (t)	: 30 cm
Tinggi	: 42 m
Tebal decking	: 40 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 35 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	: 400 Mpa

Dari hasil analisa program bantu *SAP 2000* didapat, gaya geser bidang terfaktor, momen lentur terfaktor, dan gaya aksil terfaktor yaitu :

$V_u$	: 2743,05 kN
$M_u$	: 27450,6 kNm
$P_u$	: 10922,7 kN

## 8.5.1 Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horizontal

### 8.5.1.1 Kontrol Kebutuhan dua lapis tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2 baja tulangan vertikal dan horizontal masing-masing dipasang dua lapis, apabila gaya geser bidang terfaktor yang bekerja pada dinding melebihi:

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'}$$

Dengan,

$$A_{cv} = 6 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 1,8 \text{ m}^2$$

Untuk beton normal,  $\lambda = 1,0$

$$\begin{aligned} 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} &= 0,17 \cdot 1,8 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \\ &= 1810 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai  $V_u = 2743,05 \text{ kN} > 1810 \text{ kN}$ , maka dibutuhkan dua lapis tulangan.

### 8.5.1.2 Perhitungan kebutuhan baja tulangan longitudinal dan transversal

Pada SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.1 untuk dinding struktural, rasio tulangan longitudinal  $\rho_l$  dan rasio tulangan transversal  $\rho_t$  minimum adalah 0,0025, dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan adalah 450 mm. Kecuali jika :

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'c'} \\ 2743,05 \text{ kN} &\leq 0,083 \cdot 1 \cdot 1,8 \text{ m}^2 \cdot \sqrt{f'c'} \\ 2743,05 \text{ kN} &\geq 883,9 \text{ kN (tidak perlu direduksi)} \end{aligned}$$

Luas penampang longitudinal dan transversal dinding geser per meter panjang :

$$0,3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal :

$$0,3 \text{ m}^2 \cdot 0,0025 = 0,00075 \text{ m}^2 = 750 \text{ mm}^2$$

Digunakan baja tulangan D 19 dengan 2 lapis, maka  $A_s = 567,057 \text{ mm}^2$ . Karena digunakan dua lapis tulangan, jumlah pasangan tulangan yang diperlukan per meter panjang adalah :

$$n = \frac{750 \text{ mm}^2}{567,057 \text{ mm}^2} = 1,32 \approx 2 \text{ pasang}$$

dengan,

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{2} = 500 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

Spasi tulangan tidak boleh lebih dari 450 mm, maka spasi tulangan harus diperkeci. Digunakan tulangan 2D19-200 mm.

### 8.5.2 Perhitungan Baja Tulangan untuk Menahan Geser

Konfigurasi tulangan dinding geser yang diperoleh dalam perhitungan sebelumnya adalah 2 kaki D 19 – 200. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding struktural dapat dihitung dengan persamaan (SNI 2847:2013 persamaan 21-7) :

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \alpha_c &= 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0 \end{aligned}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{42 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 7 \text{ (} h_w/l_w \geq 2,0 \text{ maka } \alpha_c = 0,17)$$

Pada dinding geser terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2 kaki D 19 – 200. Rasio tulangan terpasang adalah :

$$\rho_t = \frac{A_s}{s \cdot t} = \frac{567,057 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0095 \text{ (memenuhi)}$$

Nilai  $\rho_t > \rho_{\min}$ ,  $0,0095 > 0,0025$

Kuat geser nominal :

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y) \\ &= 1800000 \text{ mm}^2 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} + 0,0095 \cdot 400 \text{ Mpa}) \\ &= 8615,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat geser perlu :

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 8615,01 \text{ kN} = 6461,25 \text{ kN}$$

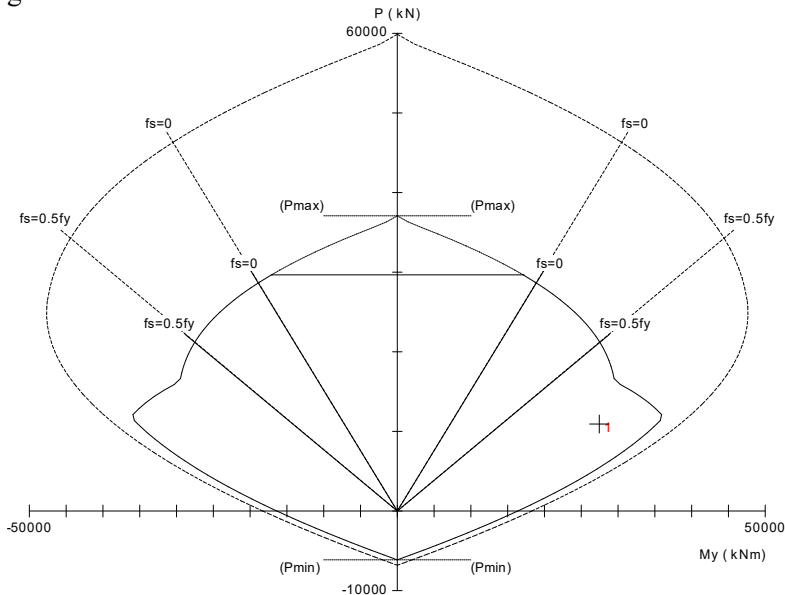
Pada SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 membatasi kuat geser nominal maksimum dinding geser sebagai :

$$\begin{aligned}
 V_n \max &= 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} \\
 &= 0,83 \cdot 1800000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35} \\
 &= 8838,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$V_u < \phi V_n < V_n \max$   
 2743,05 kN < 6461,25 kN < 8838,62 kN (memenuhi)  
 Pada tulangan vertical digunakan 2 kaki D 19 – 200.

### 8.5.3 Perencanaan Dinding Geser terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Dinding geser hanya mengandalkan tulangan vertikal terpasang, maka dinding geser belum tentu mampu menahan kombinasi gaya aksial dan lentur terfaktor yang bekerja. Dengan menggunakan program bantu *SPColumn* ternyata tulangan 2D19-200 mampu menahan kombinasi gaya aksial dan lentur. Diagram interaksi aksial tekan dan lentur yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 8. 9 Diagram Interaksi Dinding Geser (SW1)

### 8.5.4 Kebutuhan Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Berdasarkan pendekatan tegangan, *special boundary element* diperlukan apabila tegangan tekan maksimum akibat kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada penampang dinding geser melebihi  $0,2f_c'$ . Maka, *special boundary element* hanya diperlukan jika:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I} > 0,2 \cdot f_c'$$

$$\frac{10922,7 \text{ kN}}{1,8 \text{ m}^2} + \frac{27450,61 \text{ kNm} \cdot 3 \text{ m}}{5,4 \text{ m}^2} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$21318,49 \text{ kN} \quad 7000 \text{ kN}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan tegangan dibutuhkan komponen batas khusus pada dinding geser.

Load No.	PhiPn kN	PhiMny kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	10922.7	35265.27	2119	5941	0.00541	0.900
		-35265.27	2119	5941	0.00541	0.900

$$c \geq \frac{lw}{600 (su/hw)}$$

$$c \geq \frac{6000}{600 (0,007)}$$

$$2119 \geq 1428,6 \text{ (memenuhi)}$$

Dari hasil analisa program bantu *SPColumn* didapat nilai  $c = 2119 \text{ mm}$ . Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4 komponen batas khusus setidaknya harus dibuat sepanjang tidak kurang dari  $(c-0,1lw)$  atau  $(c/2)$  dari serat tekan terluar.

- $c - 0,1lw = 2119 \text{ mm} - 0,1(6000 \text{ mm}) = 1519 \text{ mm}$
- $0,5 c = 0,5 \cdot 2119 \text{ mm} = 1060 \text{ mm}$

Gunakan yang terbesar, sehingga panjang *special boundary element* ditetapkan sebesar 1,5m.



### 8.5.5 Tulangan Longitudinal daerah *Special Boundary Element*

Sesuai hasil perhitungan sebelumnya dilakukan pengecekan, pada diagram interaksi didapat hasil pasang 30D19 pada daerah komponen batas khusus. Rasio tulangan yang dihasilkan sebesar :

$$\rho = \frac{30 \cdot 283,53 \text{ mm}^2}{1500 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0189$$

Menurut *Iswandi, 2014* berdasarkan UBC (1997):

$\rho_{\text{hitung}} = 0,0189 > \rho_{\text{min}} = 0,005$  (memenuhi)

### 8.5.6 Tulangan *Confinement Shearwall*

a. Tulangan *confinement* pada *boundary element*

Digunakan *hoop* berbentuk persegi panjang dengan D13. Spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $1/3$  dimensi terkecil  $= 1/3 \cdot 300 \text{ mm}$   
 $= 100 \text{ mm}$
- 6 db  $= 6 (13 \text{ mm})$   
 $= 78 \text{ mm}$
- $S_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$   
Dengan nilai  $h_x = 300 - 2(40) - 2(13) = 181 \text{ mm}$   
 $S_x = 100 + \frac{350 - 181}{3}$   
 $= 156,3 \text{ mm}$
- S tidak boleh lebih kecil dari 100 mm

Dari hasil perhitungan diatas, maka diambil tulangan spasi 100 mm.

Karakteristik inti penampang :

bc = dimensi inti (*core*) diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*.  
 $= 300 - [(2 \cdot 40) + (2 \cdot 13/2)]$   
 $= 207 \text{ mm}$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

As perlu  $= \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_{cr}}{f_{yt}}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 207 \cdot 35}{400} \\
 &= 163,012 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 132,73 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ pasang} &= \frac{163,012 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} = 1,228 \approx 2 \text{ kaki } hoop
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang 2 kaki D13-100 mm.

- b. Tulangan *confinement* pada badan penampang *shearwall*  
 Digunakan *hoop* berbentuk persegi panjang dengan D13.  
 Spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara:

$$\begin{aligned}
 - \quad 1/3 \text{ dimensi terkecil} &= 1/3 \cdot 300 \text{ mm} \\
 &= 100 \text{ mm} \\
 - \quad 6 \text{ db} &= 6 (13 \text{ mm}) \\
 &= 78 \text{ mm} \\
 - \quad S_x &= 100 + \frac{350-h}{3} \\
 &\text{Dengan nilai } h_x = 300 - 2(40) - 2(13) = 181 \text{ mm} \\
 S_x &= 100 + \frac{350-1}{3} \\
 &= 156,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- S tidak boleh lebih kecil dari 100 mm

Dari hasil perhitungan diatas, maka diambil tulangan spasi 100 mm.

### **Tulangan *confinement* pada arah sejajar *shearwall***

Karakteristik inti penampang :

$$\begin{aligned}
 bc &= \text{dimensi inti (core) diukur dari sumbu ke sumbu } hoop. \\
 &= 300 - [(2 \cdot 40) + (2 \cdot 13/2)] \\
 &= 207 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}} \\
 &= \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 207 \cdot 35}{400} \\
 &= 163,012 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ pasang} = \frac{163,012 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} = 1,228 \approx 2 \text{ kaki hoop}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang 2 kaki D13-100 mm.

### **Tulangan *confinement* pada arah tegak lurus *shearwall***

Karakteristik inti penampang :

$$\begin{aligned} bc &= \text{dimensi inti (core) diukur dari sumbu ke sumbu hoop.} \\ &= 300 - [(2 \cdot 40) + (2 \cdot 13/2)] \\ &= 207 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc}{fyt} \\ &= \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 207 \cdot 35}{400} \\ &= 163,012 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n \text{ pasang} = \frac{163,012 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} = 1,228 \approx 2 \text{ kaki hoop}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang 2 kaki D13-100 mm.

## **BAB IX**

### **METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PLAT LANTAI**

#### **9.1 Umum**

Dalam tugas akhir ini sistem balok dan plat yang dipakai adalah konvensional. Balok yang digunakan memiliki tipe yang berbeda-beda. Balok terdiri dari 2 macam, yaitu balok utama (balok induk) dan balok anak. Semua pekerjaan balok dan plat lantai dilakukan langsung di lokasi yang direncanakan, mulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran sampai perawatan.

#### **9.2 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)**

1. Mutu beton yang dipakai adalah  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$ .  
Dengan proporsi campuran ( $\text{kg/m}^3$ ) :  
Semen : Air : Pasir : Kerikil  $\rightarrow 2:1:3:6$
2. Kelecekan yang disyaratkan yaitu slump antara 10 cm s/d 14 cm.
3. Mutu baja yang digunakan adalah  $f_y = 400 \text{ MPa}$
4. Tebal selimut beton untuk balok adalah 4 cm dan untuk plat lantai adalah 2 cm
5. Tebal *plywood* untuk bekisting balok dan plat adalah 8mm.

#### **9.3 Tahap Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai**

##### **a. Pekerjaan Pengukuran**

Pengukuran ini bertujuan untuk mengatur atau memastikan kerataan ketinggian balok dan pelat lantai.

##### **b. Pembuatan Bekisting**

Pekerjaan bekisting balok dan pelat merupakan satu kesatuan pekerjaan, karena dilaksanakan secara bersamaan. Pembuatan panel bekisting balok harus sesuai dengan gambar kerja. Dalam pemotongan *plywood* harus cermat dan teliti sehingga hasil akhirnya sesuai dengan luasan pelat atau balok yang akan dibuat. Pekerjaan balok dilakukan langsung di lokasi dengan mempersiapkan material utama antara lain : kaso, balok kayu, dan papan *plywood*.

##### **c. Pabrikasi besi**

Untuk balok, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan *bar cutter* dan *bar bending*. Pembesian balok dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit diatas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian plat dilakukan diatas bekisting yang sudah jadi.

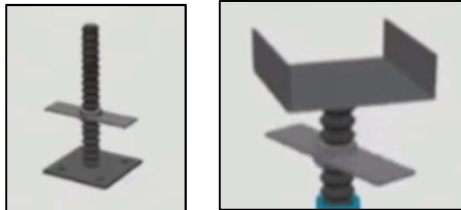
#### 9.4 Tahap Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai

Tahap pekerjaan balok dan pelat lantai dilakukan secara bersamaan.

a. Pembeskitingan balok

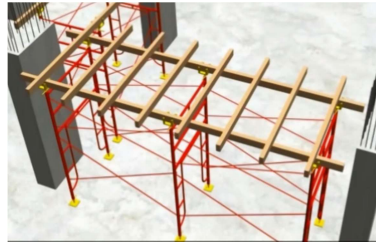
Tahap pembeskitingan balok adalah sebagai berikut :

1. *Scaffolding* dengan masing-masing jarak 100 cm disusun berjajar sesuai dengan kebutuhan di lapangan, baik untuk bekisting balok maupun pelat.
2. Memperhitungkan ketinggian *scaffolding* balok dengan mengatur *jack base* dan *U-head*.



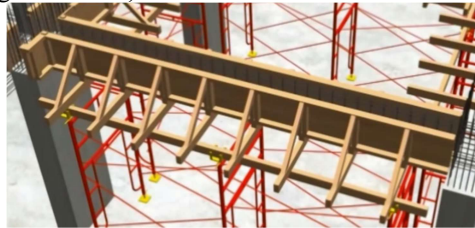
Gambar 9 1 *Jack Base* dan *U-head*

3. Pada *U-head* dipasang balok kayu (*girder*) sejajar dengan arah *cross brace* dan diatas *girder* dipasang balok suri tiap jarak 60 cm dengan arah melintangnya, kemudian dipasang pasangan *plywood* sebagai alas balok. Pemasangan balok suri dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9 2 Pemasangan Balok Suri

4. Kemudian dipasang dinding bekisting balok dan dikunci dengan siku yang dipasang diatas suri-suri. (lihat gambar 9.3)

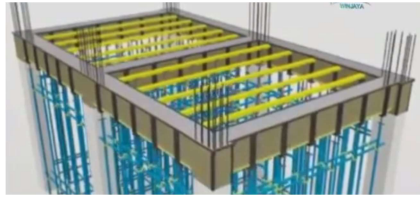


Gambar 9 3 Balok siku pada bekisting balok

b. Pembekistingan pelat

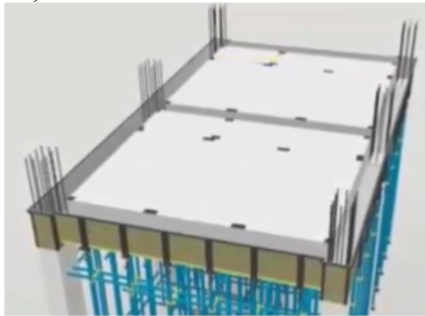
Tahap pembeskitingan pelat adalah sebagai berikut :

1. *Scaffolding* disusun sejajar bersamaan dengan *scaffolding* untuk balok. Karena posisi pelat lebih tinggi daripada balok maka *scaffolding* untuk pelat lebih tinggi daripada balok dan diperlukan *main frame* tambahan dengan menggunakan *join pin*. Perhitungkan ketinggian *scaffolding* pelat dengan mengatur *base jack* dan *U-head jack* nya.
2. Pada *U-head* dipasang balok kayu sejajar dengan arah *cros brace* dan diatas girder dipasang suri-suri dengan arah melintangnya. (lihat gambar 9.4)



Gambar 9 4 Balok suri pada bagian pelat

3. Kemudian dipasang *plywood* sebagai alas pelat. Pasang juga dinding untuk tepi pada pelat dan dijepit menggunakan siku. *Plywood* dipasang serapat mungkin, sehingga tidak terdapat rongga yang dapat menyebabkan kebooran pada saat pengecoran. (lihat gambar 9.5)



Gambar 9 5 *Plywood* pada bagian pelat

4. Semua bekisting rapat terpasang, sebaiknya diolesi dengan minyak sebagai pelumas agar beton tidak menempel pada bekisting, sehingga dapat mempermudah dalam pekerjaan pembongkaran dan bekisting masih dalam kondisi layak pakai untuk pekerjaan berikutnya.
- c. Pengecekan
- Setelah pemasangan bekisting balok dan pelat lantai dianggap selesai selanjutnya pengecekan tinggi level pada

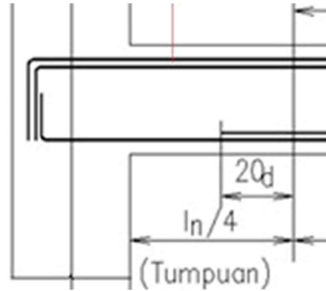
bekisting balok dan pelat dengan *waterpass*, jika sudah selesai maka bekisting untuk balok dan pelat sudah siap.

d. Pembesian balok

Tahap pembesian balok adalah sebagai berikut :

1. Untuk pembesian balok pada awalnya dilakukan pabrikan di los besi kemudian diangkat menggunakan *tower crane* ke lokasi yang akan dipasang.
2. Besi tulangan balok yang sudah diangkat lalu diletakkan diatas bekisting balok dan ujung besi balok dimasukkan ke kolom.
3. Pasang beton *decking* untuk jarak selimut beton pada alas dan samping balok lalu diikat.
4. Dipasang tulangan bawah diatas beton decking, ujung tulangan bawah dimasukkan ke dalam tulangan kolom sebagai penjangkaran (lihat gambar 9.6) . Apabila terdapat sambungan pada penulangan dilakukan sambungan lewatan. Sambungan tulangan dilakukan selang seling dan harus dihindarkan penempatan sambungan di tempat-tempat dengan tegangan maksimum.
5. Pemasangan tulangan sengkang yang diatur jaraknya dimana jarak pada tumpuan lebih rapat dibandingkan jarak tengah bentang. Sengkang diikat dengan kawat beton.
6. Tulangan atas dipasang dengan cara dimasukkan satu per satu kedalam tulangan sengkang dibagian atas kemudian diikat dengan kawat. Ujung tulangan atas dimasukkan kedalam tulangan kolom sebagai panjang penjangkaran. Sebagai pengaku dipakai tulangan torsi sesuai perencanaan (apabila dibutuhkan).





Gambar 9.6 Detail Penjangkaran pada penulangan balok

e. Pembesian Pelat

Setelah tulangan balok terpasang, selanjutnya adalah tahap pemasangan pelat antara lain :

1. Dipasang tulangan bawah lapis 1 diatas beton *decking*. Tulangan ini dipasang melewati tulangan atas balok.
2. Dipasang tulangan bawah lapis 2 diatas lapis 1 dengan arah tegak lurus lapis 1 kemudian persilangan tulangan diikat dengan kawat beton.
3. Untuk mendapatkan jarak tertentu antar tulangan atas dan tulangan bawah dipasang tulangan kaki ayam yaitu potongan besi yang dipotong sedemikian rupa sehingga dapat menjaga jarak antara tulangan atas dengan tulangan bawah. Bentuk kaki ayam pada tulangan pelat dapat dilihat pada gambar 9.7. Persilangan tulangan atas diikat dengan kawat beton.



Gambar 9.7 Kaki Ayam pada tulangan pelat lantai

f. Pengecekan

Setelah pembesian balok dianggap selesai, kemudian diadakan *checklist* / pemeriksaan untuk tulangan. Adapun yang diperiksa untuk pembesian balok adalah diameter, jumlah tulangan utama, jarak, jumlah sengkang, ikatan kawat, dan beton decking. Untuk pembesian pelat lantai yang diperiksa adalah penyaluran pembesian pelat terhadap balok, jumlah dan jarak tulangan ekstra, perkuatan pada lubang-lubang di pelat lantai, beton decking, kaki ayam, dan kebersihannya.

### 9.5 Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai

Setelah pekerjaan pembesian balok dan pelat lantai selesai, maka dapat dilakukan pengecoran. Pengecoran balok dan pelat lantai dikakukan secara bersamaan. Pengecoran balok dan pelat beton mengguankan *concrete pump*. Pada saat pengecoran, pekerja *vibrator* memasukkan alat *vibrator* kedalam adukan kurang lebih 5-10 menit di setiap bagian yang dicor. Pemadatan tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya rongga udara pada beton yang akan mengurangi kualitas beton. Setelah proses pengecoran selesai sampai batas pengecoran, maka akan dilakukan *finishing*.

### 9.6 Pembongkaran Bekisting

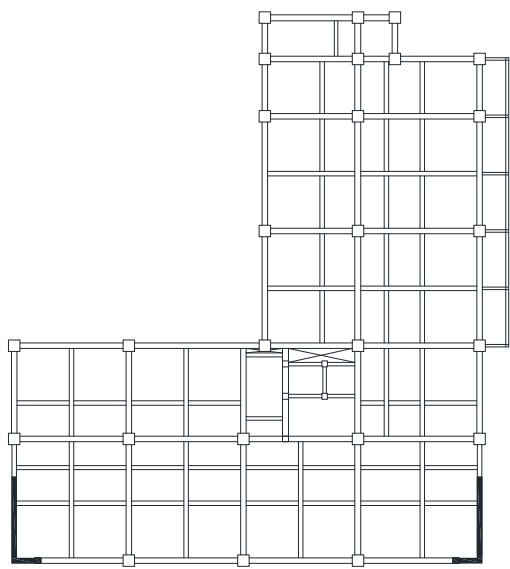
Untuk pembongkaran bekisting balok dan plat lantai dilakukan 4 hari setelah pengecoran.

### 9.7 Perawatan (*curing*)

Setelah dilaksanakan pengecoran, untuk menjaga mutu beton dilakukan perawatan beton. Perawatan beton yang dilakukan adalah dengan menyiram / membasahi beton 2 kali selama 1 minggu.

9.8 Durasi Waktu

Dalam tugas akhir ini akan meninjau durasi waktu pekerjaan balok dan plat lantai pada lantai 2. Berikut adalah denah balok dan plat lantai pada lantai 2



Gambar 9. 8 Denah Balok dan Plat Lantai 2

Durasi waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan balok dan plat lantai diperoleh dari volume dibagi dengan produktivitas.

Tabel 6. Produktivitas Masing-Masing Pekerjaan Beton Bertulang

Produktivitas	Bekisting	Tulangan	Cor
	m <sup>2</sup> /jam	kg/jam	m <sup>3</sup> /jam
Kolom	94.53	295.15	8.05
Balok	5.58	155.96	17.87
Plat	6.90	69.80	

Gambar 9. 9 Tabel Produktivitas Pekerjaan Balok dan Plat  
(Sumber: Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom,Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6)

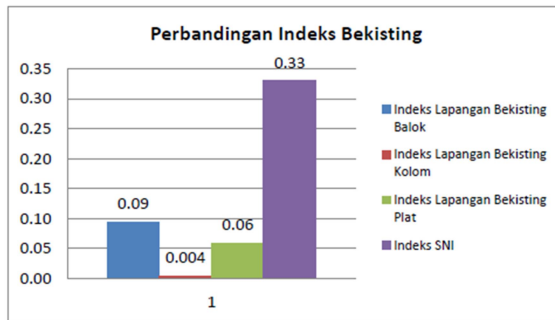
Dari perhitungan Indeks Lapangan :

$$\text{Indeks Lapangan} = \frac{\text{Standar Time} \times \text{Jumlah Pekerja}}{\text{Jam Kerja Efektif 1 hari (5 jam)} \times \text{Output}}$$

(Sumber: Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom,Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6)

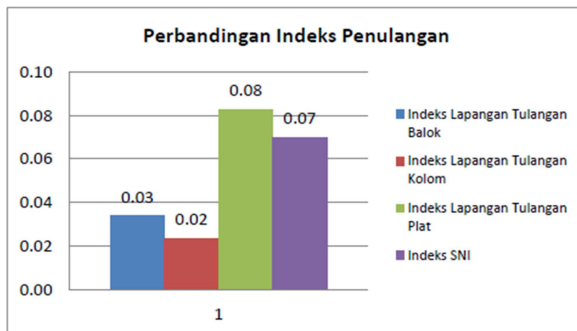
$$\text{Indeks Lapangan} = \frac{\text{Jumlah Pekerja}}{\text{Jam Kerja Efektif 1 hari (5 jam)} \times \text{Produktivitas}}$$

Dan hasil indeks lapangan :



Gambar 9. 10 Perbandingan Indeks Bekisting

(Sumber: Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom,Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6)



Gambar 9. 11 Perbandingan Indeks Penulangan

(Sumber: Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom,Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6)



Tabel 9. 2 Kebutuhan Volume Tulangan Balok

Type balok	Bentang	Diameter	Berat kg/m	Jumlah Balok	Jumlah Tulangan	W Total
	m					kg
B1	8,5	25	3,85	6	8	1570,8
Begel	2,33	13	1,04	6	59	857,8128
Torsi	8,5	16	1,58	6	4	322,32
B1	6,5	25	3,85	9	7	1576,575
Begel	2,33	13	1,04	9	51	1112,249
Torsi	6,5	16	1,58	9	4	369,72
B1	8	25	3,85	9	7	1940,4
Begel	2,33	13	1,04	9	65	1417,572
Torsi	8	16	1,58	9	4	455,04
B2	3	16	1,58	8	4	151,68
Begel	1,59	13	1,04	8	22	291,0336
Torsi	3	13	1,04	8	2	49,92
B3	6,5	25	3,85	2	8	400,4
Begel	2,85	13	1,04	2	65	385,32
Torsi	6,5	22	2,98	2	4	154,96
B4	8,5	19	2,23	6	5	568,65
Begel	1,7	10	0,617	6	58	365,0172
Torsi	8,5	13	1,04	6	4	212,16
B4	6,5	19	2,23	5	5	362,375
Begel	1,7	10	0,617	5	44	230,758
Torsi	6,5	13	1,04	5	4	135,2
B5	4	19	2,23	38	5	1694,8
Begel	1,5	10	0,617	38	30	1055,07
Torsi	4	13	1,04	38	4	632,32
B6	4	13	2,23	5	5	223
Begel	0,84	10	0,617	5	20	51,828
Jumlah						16586,98

Kebutuhan Volume Bekisting :

Luas Bekisting pada area plat =  $686,55 \text{ m}^2$

Tabel 9. 3 Kebutuhan Volme Bekisting Balok

No	L	n	b	h	hn	L. bekisting
	mm		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>
1	7700	7	400	700	580	52,822
2	7200	12	400	700	580	84,672
3	5700	9	400	700	580	50,274
4	8100	7	300	600	480	44,226
5	6100	6	300	600	480	28,548
6	4500	1	300	600	480	3,51
7	3650	38	300	500	380	94,316
8	5750	1	300	600	480	4,485
9	6250	1	300	600	480	4,875
10	2250	1	300	600	480	1,755
11	20200	1	200	300	180	7,676
12	1430	6	200	300	180	3,2604
JUMLAH						380,4194

Kebutuhan Volume Beton  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$  :

Tabel 9. 4 Kebutuhan Volume Beton pada Plat

Luas Area Lt 2	Tebal Plat	Volume
m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
804,35	0,12	96,522

Tabel 9. 5 Kebutuhan Volume Beton pada Balok

No	L	n	b	h	hn	V. Beton
	mm		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>
1	7700	7	400	700	580	12,5048
2	7200	12	400	700	580	20,0448
3	5700	9	400	700	580	11,9016
4	8100	7	300	600	480	8,1648
5	6100	6	300	600	480	5,2704
6	4500	1	300	600	480	0,648
7	3650	38	300	500	380	15,8118
8	5750	1	300	600	480	0,828
9	6250	1	300	600	480	0,9
10	2250	1	300	600	480	0,324
11	20200	1	200	300	180	0,7272
12	1430	6	200	300	180	0,30888
JUMLAH						77,43428

Total kebutuhan beton untuk pekerjaan balok dan plat lantai :

$$V_{\text{plat}} + V_{\text{balok}} = 96,522 \text{ m}^3 + 77,43 \text{ m}^3 = 173,952 \text{ m}^3$$

Dipakai *concrete pump* dengan spesifikasi :



Gambar 9 12 Spesifikasi *concrete pump*

Direncanakan kapasitas kecepatan pengecoran *concrete pump* adalah  $20 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$\text{Durasi pengecoran} = \frac{\text{Volume Beton}}{\text{Kecepatan Pengecoran}} = \frac{173,952 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{jam}} = 8,7 \text{ jam}$$

Durasi pekerjaan bekisting

$$\text{Balok} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{380,419 \text{ m}^2}{5,58 \text{ m}^2/\text{jam}} = 68,18 \text{ jam}$$

$$\text{Plat} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{686,55 \text{ m}^2}{6,9 \text{ m}^2/\text{jam}} = 99,5 \text{ jam}$$

Durasi pekerjaan Penulangan

$$\text{Balok} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{16586,98 \text{ kg}}{155,96 \text{ kg}/\text{jam}} = 106,35 \text{ jam}$$

$$\text{Plat} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{7120,489 \text{ m}^2}{69,8 \text{ m}^2/\text{jam}} = 102,01 \text{ jam}$$

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan balok dan plat lantai pada lantai 2 adalah sebagai berikut :



Tabel 9. 6 Total Durasi Pekerjaan Balok dan Plat pada lantai 2

Item Pekerjaan	Durasi	Satuan
Pekerjaan Bekisting Balok	68,18	jam
Pekerjaan Bekisting Plat	99,50	jam
Penulangan Balok	106,35	jam
Penulangan Plat	102,01	jam
Pengecoran	8,70	jam
Pembongkaran	96,00	jam
Total Durasi	480,7	jam
	20,03	hari

Didapat lama waktu pekerjaan balok dan plat lantai adalah 20,03 hari  $\approx$  20 hari 1 jam. Untuk mengurangi lama durasi waktu pekerjaan balok dan plat pada lantai 2 maka akan ditambah jumlah pekerja pada masing-masing item pekerjaan bekisting balok dan plat lantai. Pada sebelumnya pekerjaan bekisting balok dan plat lantai adalah 3 pekerja dan akan ditambah 6 pekerja.

Produktivitas setelah ditambah 6 pekerja :

$$\text{Plat} = 5,58 \text{ m}^2/\text{jam} \times 3 = 16,74 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Balok} = 6,9 \text{ m}^2/\text{jam} \times 3 = 20,7 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Durasi pekerjaan bekisting setelah ditambah 6 pekerja :

$$\text{Balok} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{380,419 \text{ m}^2}{16,74 \text{ m}^2/\text{jam}} = 22,73 \text{ jam}$$

$$\text{Plat} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} = \frac{686,55 \text{ m}^2}{20,7 \text{ m}^2/\text{jam}} = 33,17 \text{ jam}$$

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan balok dan plat lantai pada lantai 2 setelah ditambah 6 pekerja adalah sebagai berikut :

Tabel 9. 7Total Durasi Pekerjaan Balok dan Plat pada lantai 2 setelah ditambah 6 pekerja pada pekerjaan bekisting

Item Pekerjaan	Durasi	Satuan
Pekerjaan Bekisting Balok	22,73	jam
Pekerjaan Bekisting Plat	33,17	jam
Penulangan Balok	106,35	jam
Penulangan Plat	102,01	jam
Pengecoran	8,70	jam
Pembongkaran	96,00	jam
Total Durasi	369,0	jam
	15,37	hari

Didapat lama waktu pekerjaan balok dan plat lantai pada lantai 2 setelah ditambah 6 pekerja pada masing-masing item pekerjaan bekisting balok dan plat lantai adalah 15,37 hari  $\approx$  15 hari 9 jam

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB X PENUTUP

### 10.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam menyusun Tugas Akhir ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur gedung dengan beton bertulang di daerah dengan kelas situs tanah SE (sangat lunak) dapat dirancang dengan metode sistem ganda dimana gedung perhotelan termasuk dalam kategori resiko II dengan nilai  $R = 7$ .
2. Dari perhitungan dan analisis struktur, diperoleh hasil sebagai berikut :
  - a. Komponen Plat Lantai tebal plat = 12 cm

Plat dua arah

Tipe	Lx	Ly	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan			
					Lap x	Lap y	Tump x	Tump y
					mm	mm	mm	mm
A1	4	4,5	1,13	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
A2	4	4	1,00	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
A4	2,5	4	1,60	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
A6	2,5	4,5	1,80	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C1	4,5	4	0,89	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C2	4	4	1,00	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C4	2,5	4	1,60	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C5	4,5	4,5	1,00	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C6	3,25	4	1,23	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
C7	3,25	4,5	1,38	dua arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150

Plat satu arah

Tipe	Lx	Ly	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan		
					Lap y	Tump y	Susut
					mm	mm	mm
A5	2	4,5	2,25	satu arah	D10-150	D10-150	D10-150

## b. Komponen Plat Tangga dan Bordes

Tebal Pelat = 15 cm

Ket	Tul. y	Tul. susut
	mm	mm
Tangga	D13-200	D10-200
Bordes	D13-100	D10-200

## c. Komponen Balok

Type balok	Bentang m	Dimensi cm	Tulangan Torsi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B1	8,5	40/70	4D16	5D25	3D25	3D24	3D25	3D13-130	3D13-130
B2	3	25/45	2D13	2D19	2D19	2D19	2D19	2D13-120	2D13-120
B3	8	50/70	4D22	4D25	2D25	3D25	2D25	3D13-90	3D13-90
B4	8,5	30/60	4D13	3D19	2D19	3D19	2D19	2D10-140	2D10-140
B5	8	30/50	4D13	3D19	2D19	2D19	2D19	2D10-130	2D10-130
B6	4	20/30	-	2D13	2D13	2D13	2D13	2D10-200	2D10-200
BB	2,65	25/45	-	3D16	2D16	3D16	2D16	2D10-200	2D10-200

## d. Komponen Kolom

Type balok	Dimensi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
	cm		
K1 Lt 1	80/80	20-D25	5D13-100
K1 Lt 2	80/80	20-D25	5D13-100
K1 Lt 3 -9	80/80	16-D25	5D13-100
K1 Lt 10 - ATAP	80/80	16-D25	5D13-100
KL	60/60	20-D22	4D13-100

e. Komponen *Shearwall*

Tipe Shearwall	Dimensi	Tulangan		
		Horizontal	Transversal	Confinement
	cm	mm	mm	mm
SW1	30/600	2D19-200	2D19-200	D13-100
SW2	30/600	2D19-200	2D19-200	D13-100

3. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan balok dan plat lantai pada lantai 2 Gedung hotel di Surabaya ini dari mulai pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran, sampai dengan pembongkaran bekisting adalah  $\pm 20$  hari 1 jam. Setelah menambahkan 6 pekerja pada masing-masing item pekerjaan bekisting balok dan plat lantai maka didapat durasi waktu  $\pm 15$  hari 9 jam.

## 10.2 Saran

1. Sebelum mengerjakan Tugas Akhir hendaknya menyusun sistematika penulisan Tugas Akhir secara urut dan keseluruhan agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
2. Perbanyak membaca literatur perhitungan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)**. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)**. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)**. Jakarta: BSN.
- Imran. Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang**. Bandung: Penerbit ITB.
- Purwono, Rachmat. 2010. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya: ITS Press.
- Turangan, Benaya A.S., Andrew D. Saputra, Sentosa Limanto, Yusuf D. E. Wicaksono. Vol 5, No 1, 2016. **Evaluasi Produktivitas Kerja Struktur Kolom, Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6**. Surabaya: Jurnal Dimensi Pratama Sipil.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A  
Lampiran B  
Lampiran C  
Lampiran D

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.1.2. BORING LOG				BOREHOLE #: DB - 2												
PROJECT : Gedung Parkir Plaza BRI, 4 lantai.		DATE OF TESTING : May 3 to 6, 2013				GROUND WATER LEVEL : - 3.00 m												
LOCATION : Jl. Basuki Rakhmat, Surabaya.		DEPTH : 30 m				GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m												
DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	C	φ	0	20	40	60					80
0	Paving and fill material (sand and gravel, grey)																	
1																		
2	Concrete slab																	
3	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace sand, stiff.																	
4	Sand, grey, little gravel, trace silt.																	
5	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, soft.																	
6																		
7	Sand, grey, little to some clay, contains shells, loose.																	
8																		
9	Sand and silt, greenish brown, little clay, medium.																	
10																		
11																		
12																		
13	Sand, light brown, trace silt, cemented at 11.50 to 12.40 m depth, very dense.																	
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand, contains cobble at 24.50 to 24.70 m depth, very stiff.																	
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27	Clay and silt, greyish brown, inorganic, trace sand, contains cobble at 27.00 m depth, very stiff.																	
28																		
29																		
30	End of boring																	

NOTE :

0 to 10 % = Trace	▮ = Undisturbed sample	SPT = Standard penetration test (blows / ft)	○ = W <sub>n</sub> = Moisture content, %
10 to 20 % = Little	▮ = SPT	UU = Triaxial, Unconsolidated undrained	● = W <sub>p</sub> = Plastic limit, %
20 to 35 % = Some	▮ = Fairly UDS	CU = Triaxial, Consolidated undrained	Δ = W <sub>L</sub> = Liquid limit, %
35 to 50 % = And	c = Cohesion intercept, kg/cm <sup>2</sup>	Vane = Vane shear test	γ = Bulk density, t/m <sup>3</sup>
	φ = internal friction angle, deg	UCT = Unconfined compression strength, kg/cm <sup>2</sup>	G <sub>s</sub> = Specific gravity
		QT = Direct shear, quick test	eo = Void ratio
			Sr = Saturation, %



## Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600  
Tinggi, H (mm) : 200 ; 400  
Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering,  $[\rho]$  : 530 kg/m<sup>3</sup>  
Berat jenis normal,  $[\rho]$  : 600 kg/m<sup>3</sup>  
Kuat tekan,  $[\sigma]$  :  $\geq 4,0$  N/m<sup>2</sup>  
Konduktifitas termis,  $[\lambda]$  : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

## Perata Lantai MU-440



**Semen instan untuk pekerjaan perata lantai, menambah ketinggian lantai atau sebagai lantai kerja sebelum pemasangan keramik lantai.**

**Keunggulan:**

- Kuat menahan beban pada permukaan lantai.
- Sangat baik digunakan sebagai dasar lantai kerja pemasangan keramik lantai.
- Dapat diaplikasikan di atas permukaan lantai beton yang terlebih dahulu dilapisi MU-LS00 (Perekat Mortar & Beton berbahan Akrilik) atau MU-LS01 (Perekat Mortar & Beton berbahan PVAc).
- Dapat juga diaplikasikan di atas permukaan tanah yang cukup padat.
- Plastis saat diaplikasikan.
- Dapat menggunakan Silo System untuk kualitas yang lebih baik.

**Isi Kemasan:**

40 Kg dan 50 Kg

**Kebutuhan Air:**

6,5 - 7,0 liter / sak 50 Kg

**Daya Sebar:**

$\pm 1,2 \text{ m}^2$  / sak 40 kg / tebal aplikasi 20 mm

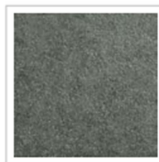
$\pm 1,5 \text{ m}^2$  / sak 50 kg / tebal aplikasi 20 mm





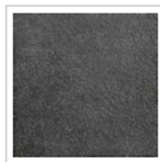
*The Beauty  
With Strength*

*As ancient as a man's desire to build and  
linked the creation of the use of STONE*



W6 307-00N

300mm x 300mm






W6 307-08K

300mm x 300mm

## PACKING LIST & TECHNICAL SPECIFICATION

### Packing List

Size (mm)	Thickness (mm)	Per Piece 		Per Carton 			Per Pallet 				Per Container 			
		m <sup>2</sup>	kg	pieces	m <sup>2</sup>	kg	cartons	pieces	m <sup>2</sup>	kg	pallets	pieces	m <sup>2</sup>	kg
300 x 300	8.5 ± 0.2	0.0900	1.59	16	1.44	25.44	72	1152	103.68	1841.68	±12	13824	1244.16	22340.16

UKURAN (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (Kg)		APLIKASI	JENIS RANGKA
		per lembar	per m <sup>2</sup>		
1000 x 1000	3	4.3	1.49	Piafon	Kayu
2400 x 1200	3.5	14.5	5.03	Piafon	Kayu
1195 x 595*		3.5	1.22		
2440 x 1220		15	5.21		
2400 x 1200	4.5	18.5	6.42	Piafon	Hollow
2440 x 1220		4.5	1.56		
		19	6.60		
2400 x 1200	6	24.5	8.51	Piafon	Hollow
2440 x 1220*		6.1	2.12	Partisi dalam	Hollow, Kayu dan Metal stud
		25	8.68		
2400 x 1200*	8	32	11.11	Partisi dalam	Metal stud
2400 x 1200	9	36	12.50	Partisi dalam	Metal stud
2440 x 1220*		38	13.19	Dinding luar	Baja
2400 x 1200*	10	40	13.88	Dinding Luar	Baja
2400 x 1200*	12	48	16.67	Dinding Luar	Baja
2440 x 1220*		51	17.71		
2400 x 1200*	20	82.7	28.72	Lantai, dak	Baja

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC096599

**GAMBAR PERENCANAAN  
DESAIN STRUKTUR HOTEL UNTUK DIBANGUN DI DAERAH SURABAYA  
DENGAN METODE SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK DAN PLAT LANTAI**

**KHOIRUNNISA CAHYA ANGGANI**

NRP. 3113 041 037

Dosen Pembimbing  
Ir. SRIE SUBEKTI., MT.  
NIP. 19560520 198903 2 001

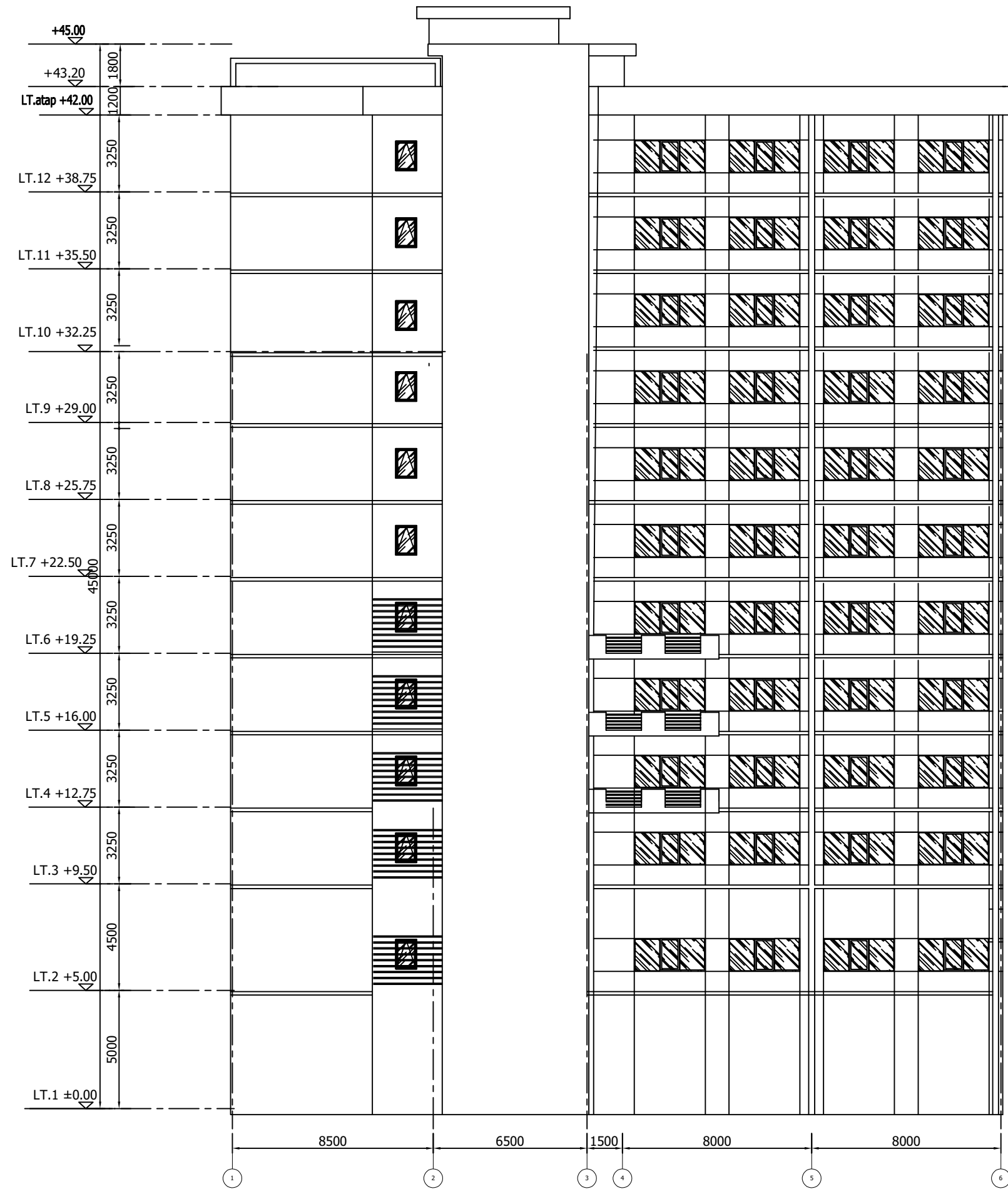
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA



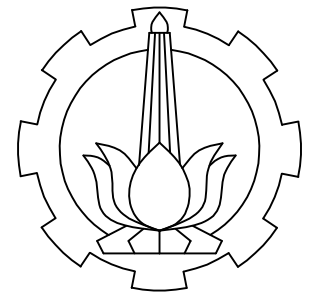
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	COVER	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
TAMPAK			
ARS	TAMPAK UTARA	1 : 200	1
ARS	TAMPAK SELATAN	1 : 200	2
ARS	TAMPAK BARAT	1 : 200	3
ARS	TAMPAK TIMUR	1 : 200	4
DENAH LANTAI			
ARS	DENAH LANTAI 1	1 : 200	5
ARS	DENAH LANTAI 2	1 : 200	6
ARS	DENAH LANTAI 3	1 : 200	7
ARS	DENAH LANTAI 4 - 12	1 : 200	8
ARS	DENAH LANTAI ATAP	1 : 200	9
POTONGAN			
ARS	POTONGAN A-A	1 : 200	10
ARS	POTONGAN B-B	1 : 200	11
PENULANGAN PLAT			
STR	DENAH PLAT LANTAI 2 - LANTAI 12	1 : 200	12
STR	DENAH PLAT LANTAI ATAP	1 : 200	13
STR	RENCANA PENULANGAN PLAT LT. 2 - 12	1 : 200	14
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A1	1 : 25	15
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A2	1 : 25	16
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A3	1 : 25	17
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A4	1 : 25	18

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A5	1 : 25	19
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT A6	1 : 25	20
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C1	1 : 25	21
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C2	1 : 25	22
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C3	1 : 25	23
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C4	1 : 25	24
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C5	1 : 25	25
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C6	1 : 25	26
STR	DETAIL PENULANGAN PLAT ATAP C7	1 : 25	27
TANGGA			
STR	DENAH TANGGA LT. 1	1 : 100	28
STR	RENCANA PENULANGAN TANGGA LT.1 (POT.A)	1 : 50	28
STR	DETAIL TANGGA A & B LT.1	1 : 10	28
STR	DENAH TANGGA LT. 2	1 : 100	19
STR	RENCANA PENULANGAN TANGGA LT.2 (POT.A)	1 : 50	19
STR	DETAIL TANGGA A & B LT.2	1 : 10	19
STR	DENAH TANGGA LT. 3 - LT. 12	1 : 100	30
STR	RENCANA PENULANGAN TANGGA LT.3 - 12 (POT.A)	1 : 50	30
STR	DETAIL TANGGA A & B LT. 3 - LT. 12	1 : 10	30
DENAH BALOK DAN KOLOM			
STR	DENAH SLOOF LT.DASAR	1 : 200	31
STR	DENAH BALOK LT. 2 - LT. 12	1 : 200	32
STR	DENAH BALOK LT. ATAP	1 : 200	33
STR	DENAH BALOK LT. ATAP LIFT	1 : 50	34

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH KOLOM & <i>SHEARWALL</i>	1 : 200	35
DETAIL PENULANGAN BALOK DAN KOLOM			
STR	PENULANGAN BALOK (B1), DETAIL A,B,C	1 : 50	36
STR	PENULANGAN BALOK (B2), DETAIL A,B,C	1 : 20	37
STR	PENULANGAN BALOK (B3), DETAIL A,B,C	1 : 50	38
STR	PENULANGAN BALOK (B4), DETAIL A,B,C	1 : 50	39
STR	PENULANGAN BALOK (B5), DETAIL A,B,C	1 : 50	40
STR	PENULANGAN BALOK (B6), DETAIL A,B,C	1 : 20	41
STR	PENULANGAN K1 As 2-B (+0.00 s/d +5.00)	1 : 25	42
STR	PENULANGAN K1 As 2-B (+9.50 s/d +12.75)	1 : 25	43
STR	PENULANGAN K1 As 2-B (+25.75 s/d +29.00)	1 : 25	44
STR	PENULANGAN KOLOM LIFT As 2-B (+19.25 s/d +22.50)	1 : 25	45
STR	PENULANGAN KOLOM LIFT As 2-B (+25.75 s/d +29.00)	1 : 25	46
STR	TYPIKAL PENULANGAN <i>SHEARWALL</i> LT. 1 - 12	1 : 25	47
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK - KOLOM As 2-B	1 : 25	48
DENAH BALOK DAN KOLOM			
STR	PENULANGAN PORTAL X-Z	1 : 200	49
STR	PENULANGAN PORTAL Y-Z	1 : 200	50
STR	DETALI PORTAL X-Z	1 : 50	51
REKAPAN BALOK - KOLOM			
STR	REKAP PENULANGAN KOLOM	1 : 50	52
STR	REKAP PENULANGAN BALOK	1 : 50	53 - 54



1 TAMPAK UTARA  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

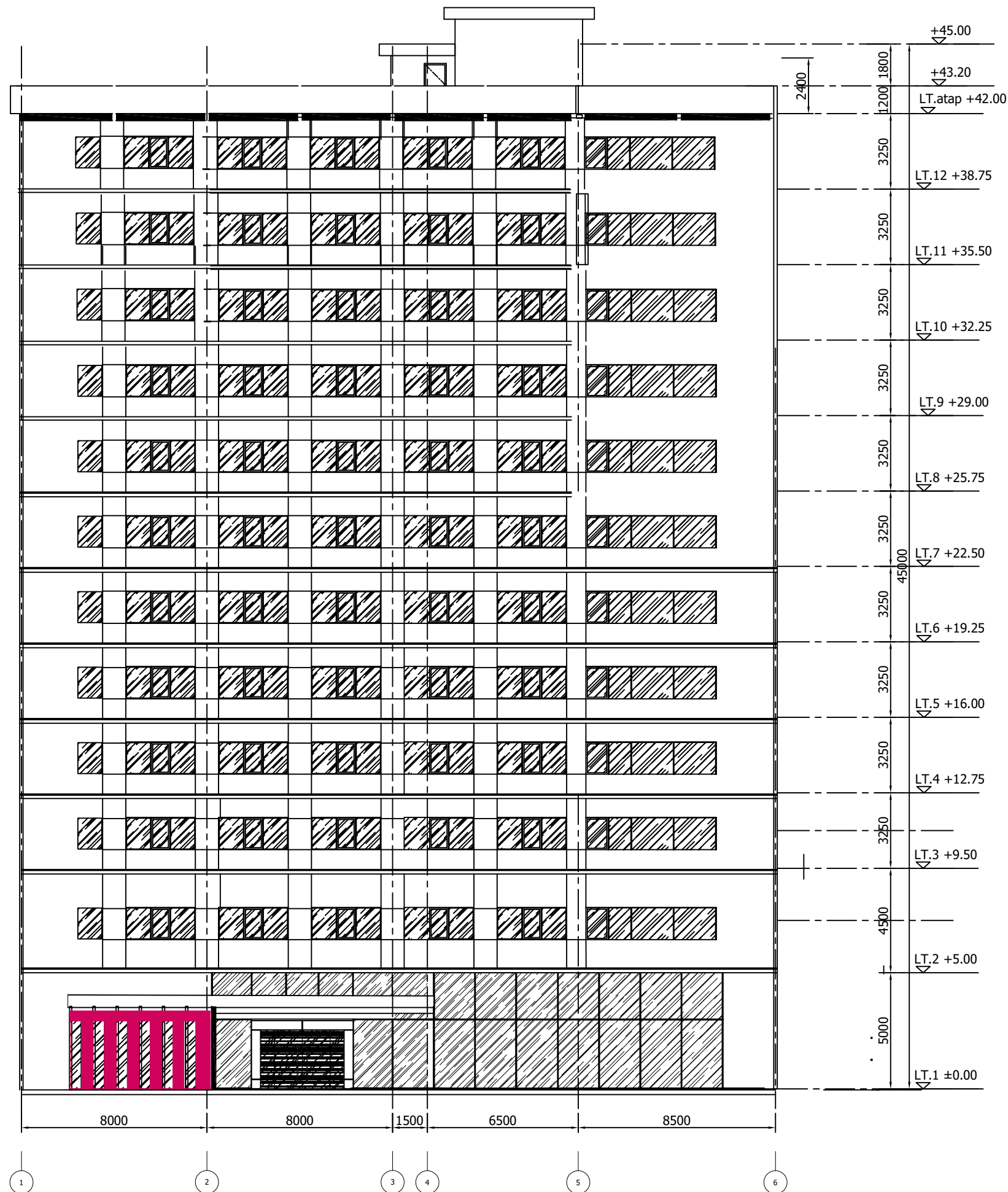
### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO	JUMLAH
1	54



2 TAMPAK SELATAN  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

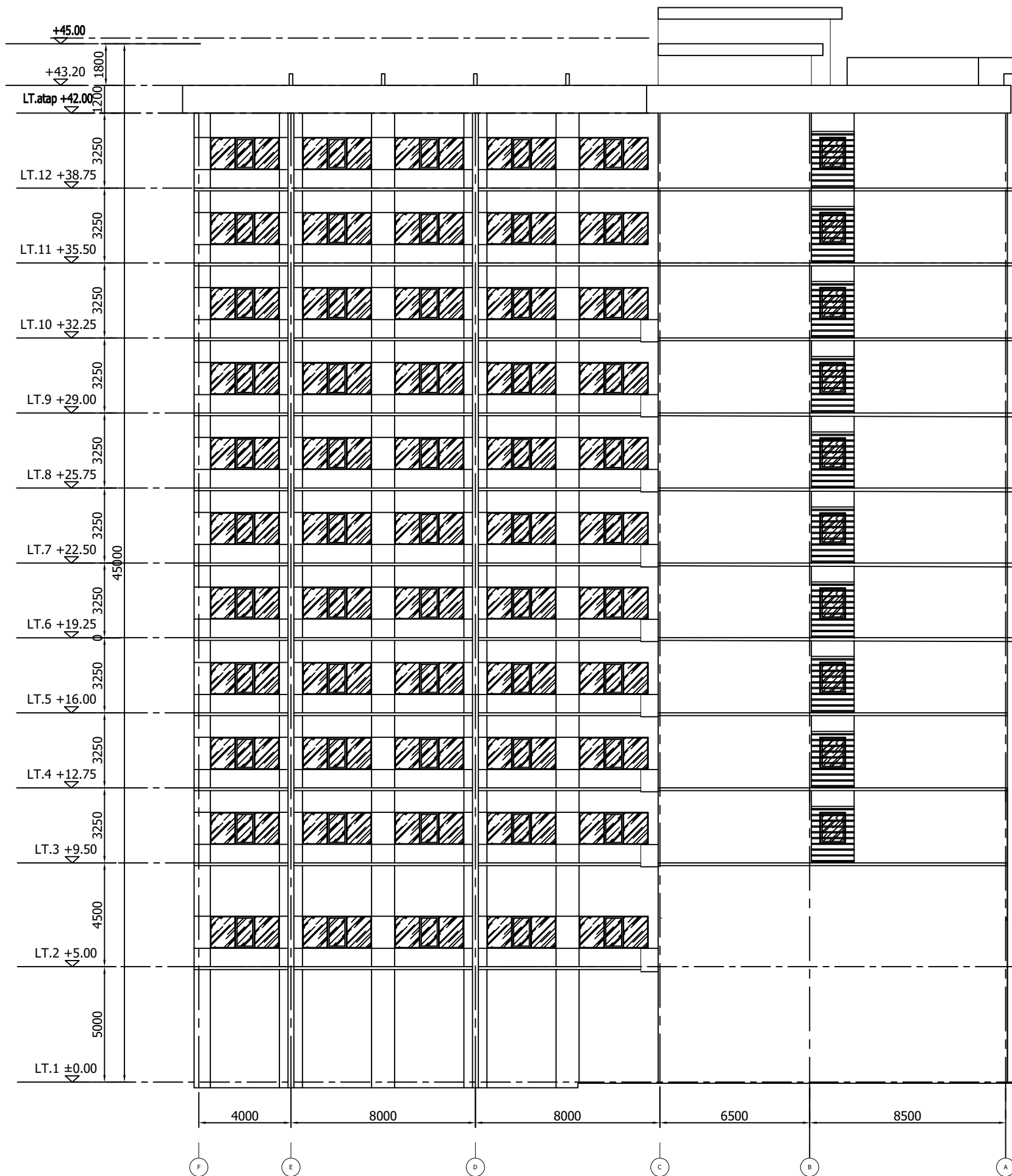
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

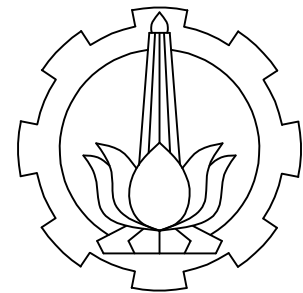
## JUMLAH

2

54



3 TAMPAK BARAT  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

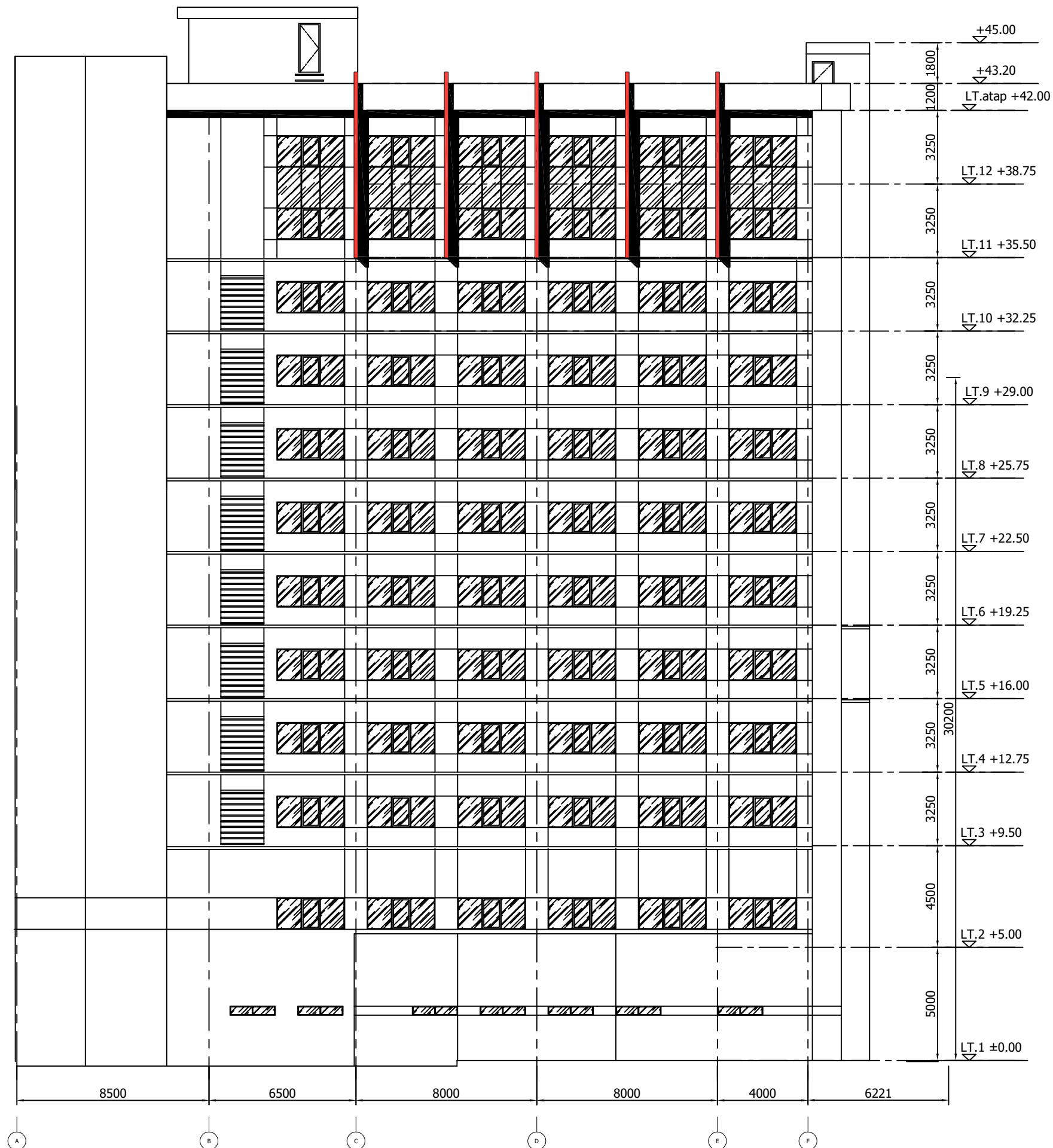
NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO	JUMLAH
3	54



4 TAMPAK TIMUR  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

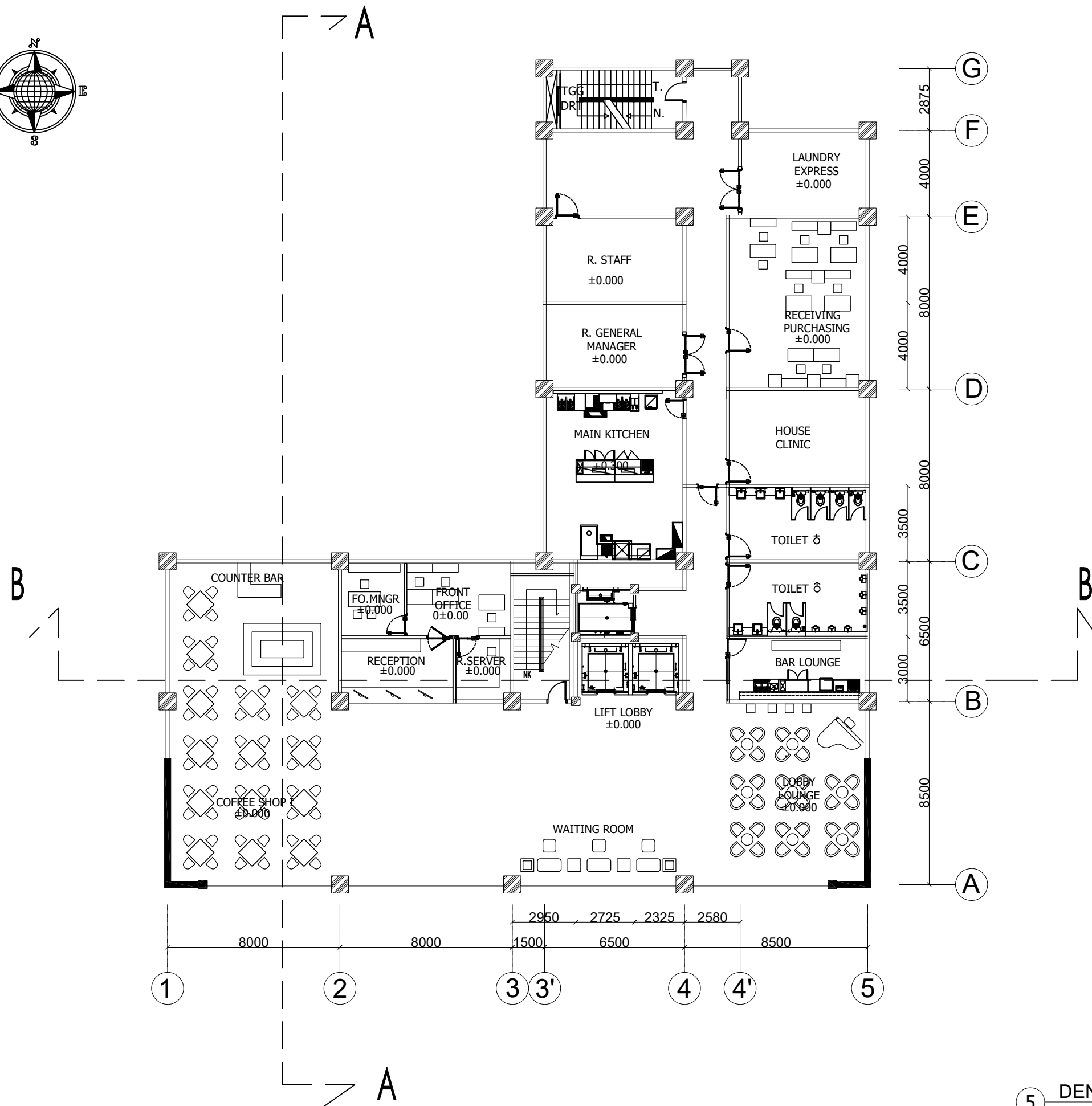
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

## JUMLAH

4

54



5 DENAH LT. 1  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

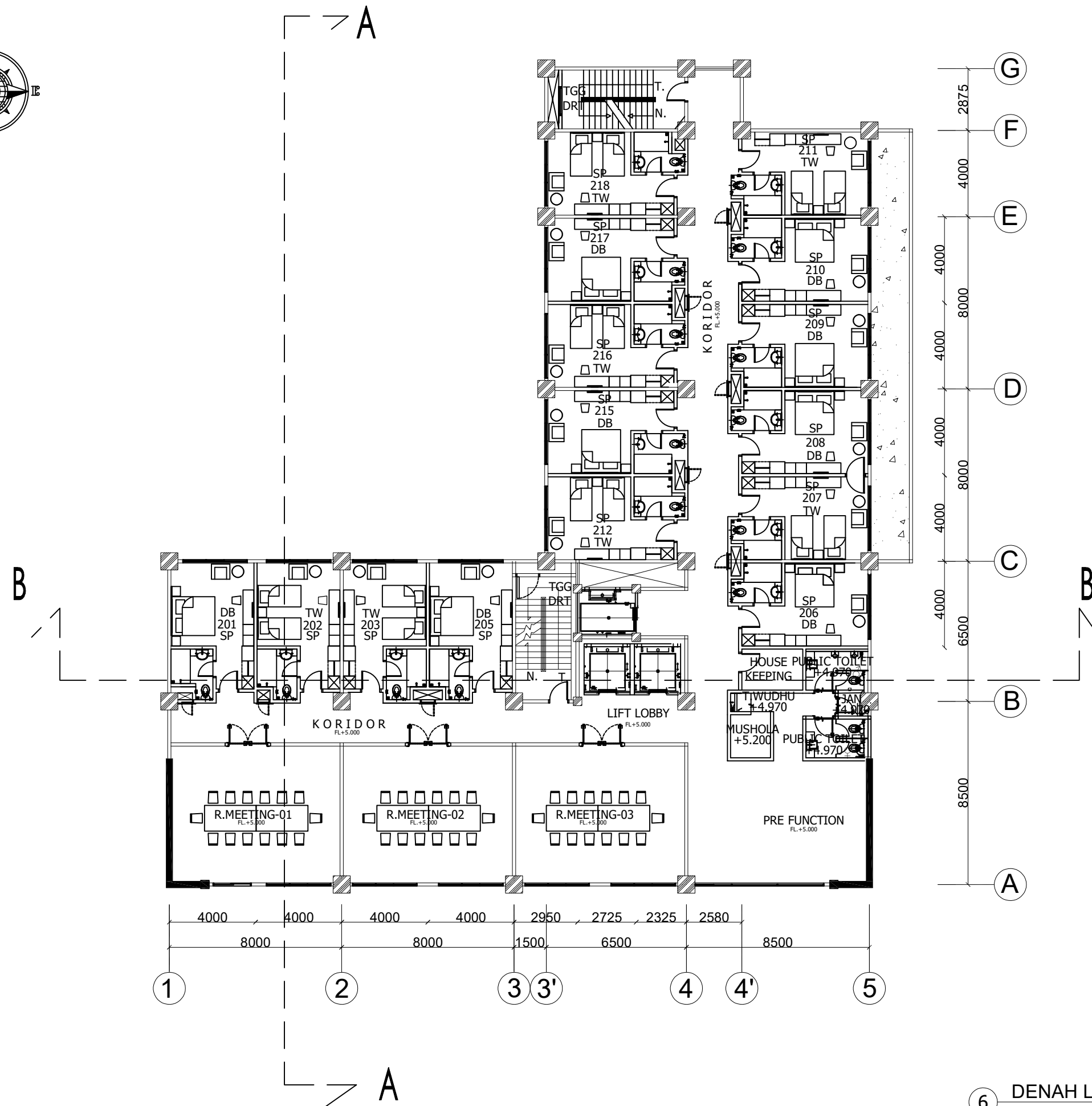
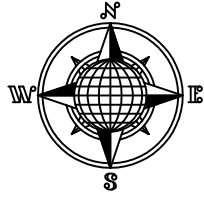
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

5

54



6 DENAH LT. 2  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

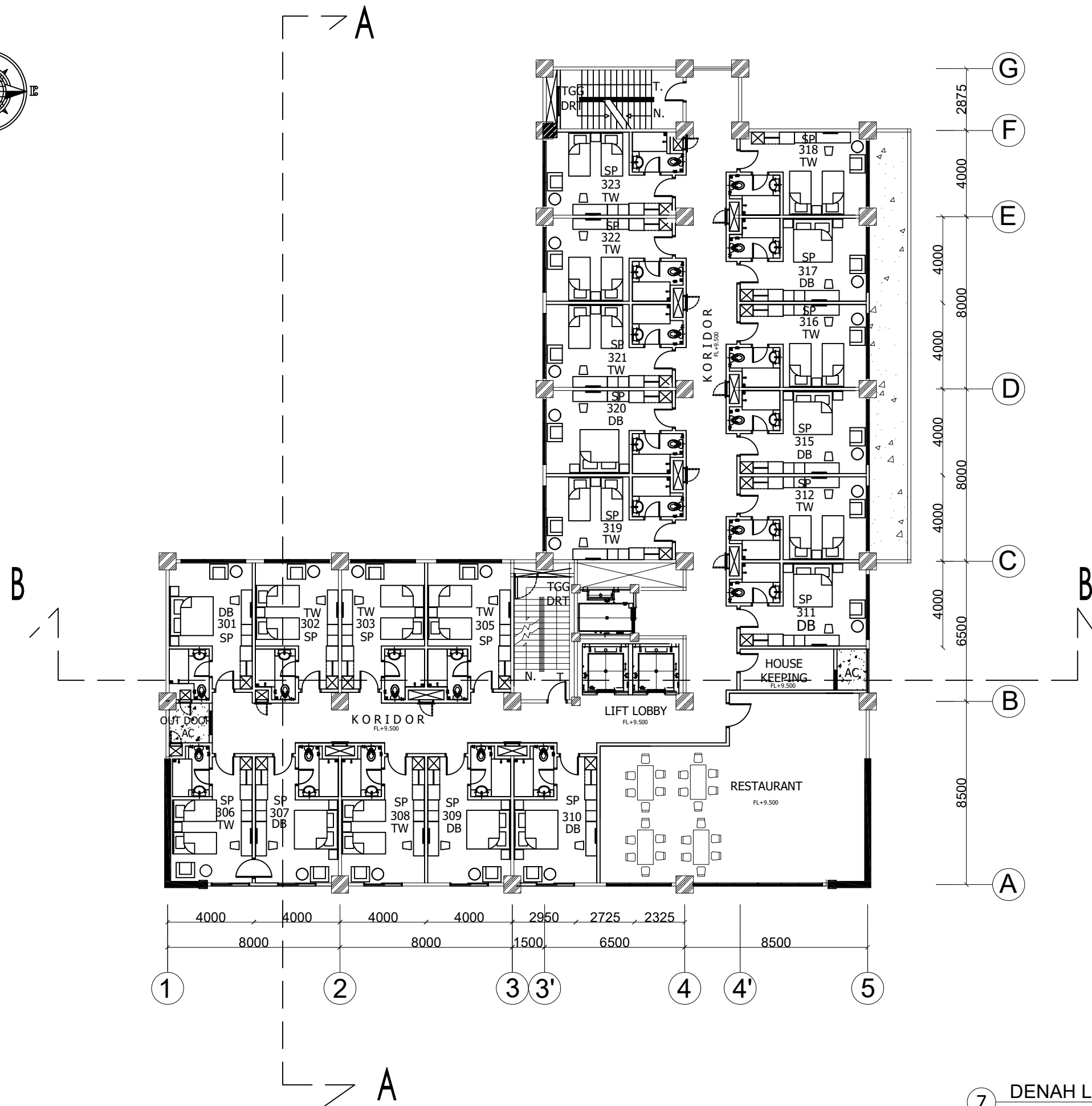
NO

JUMLAH

6

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

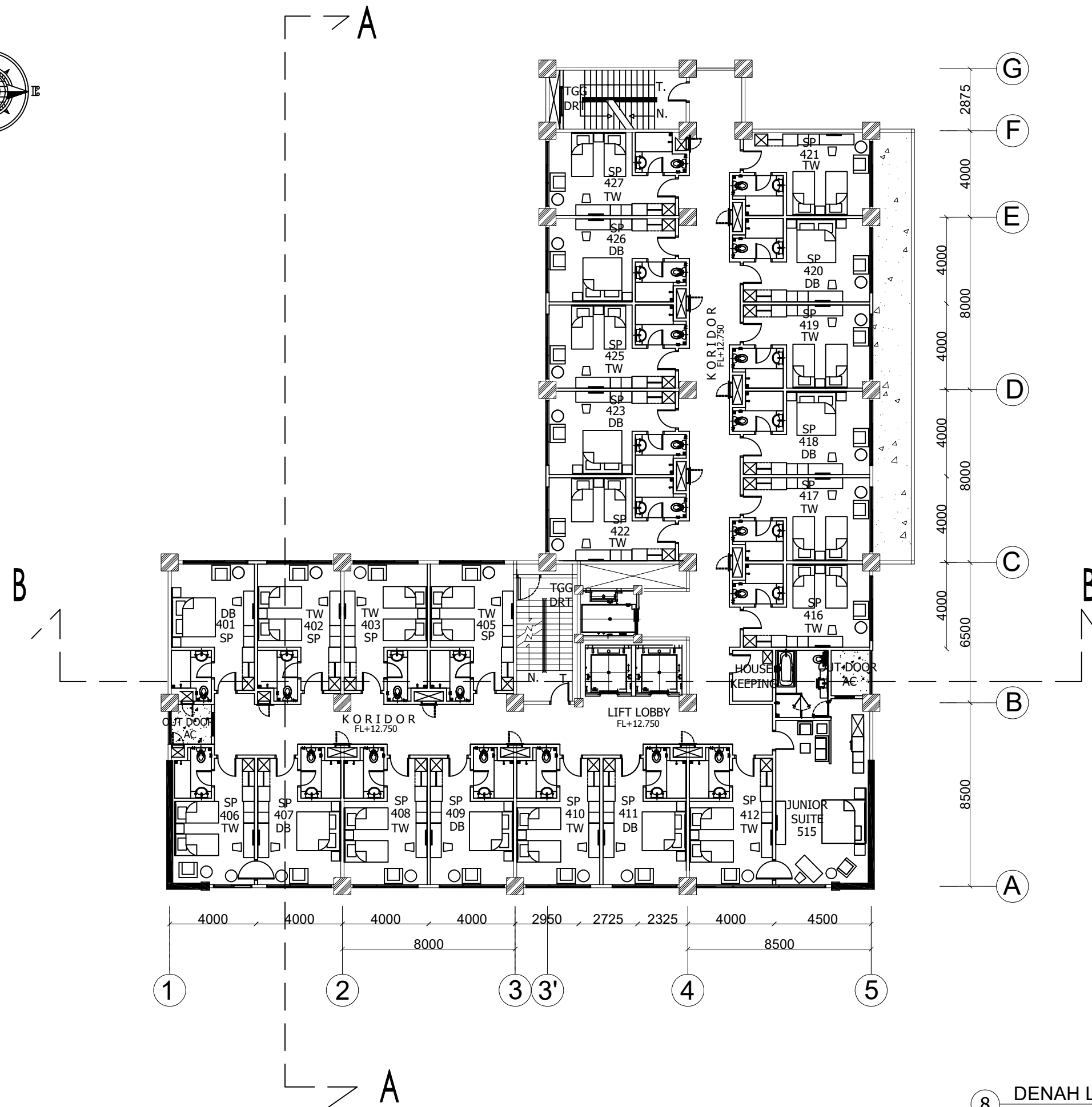
JUMLAH

7

54

7 DENAH LT. 3

skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

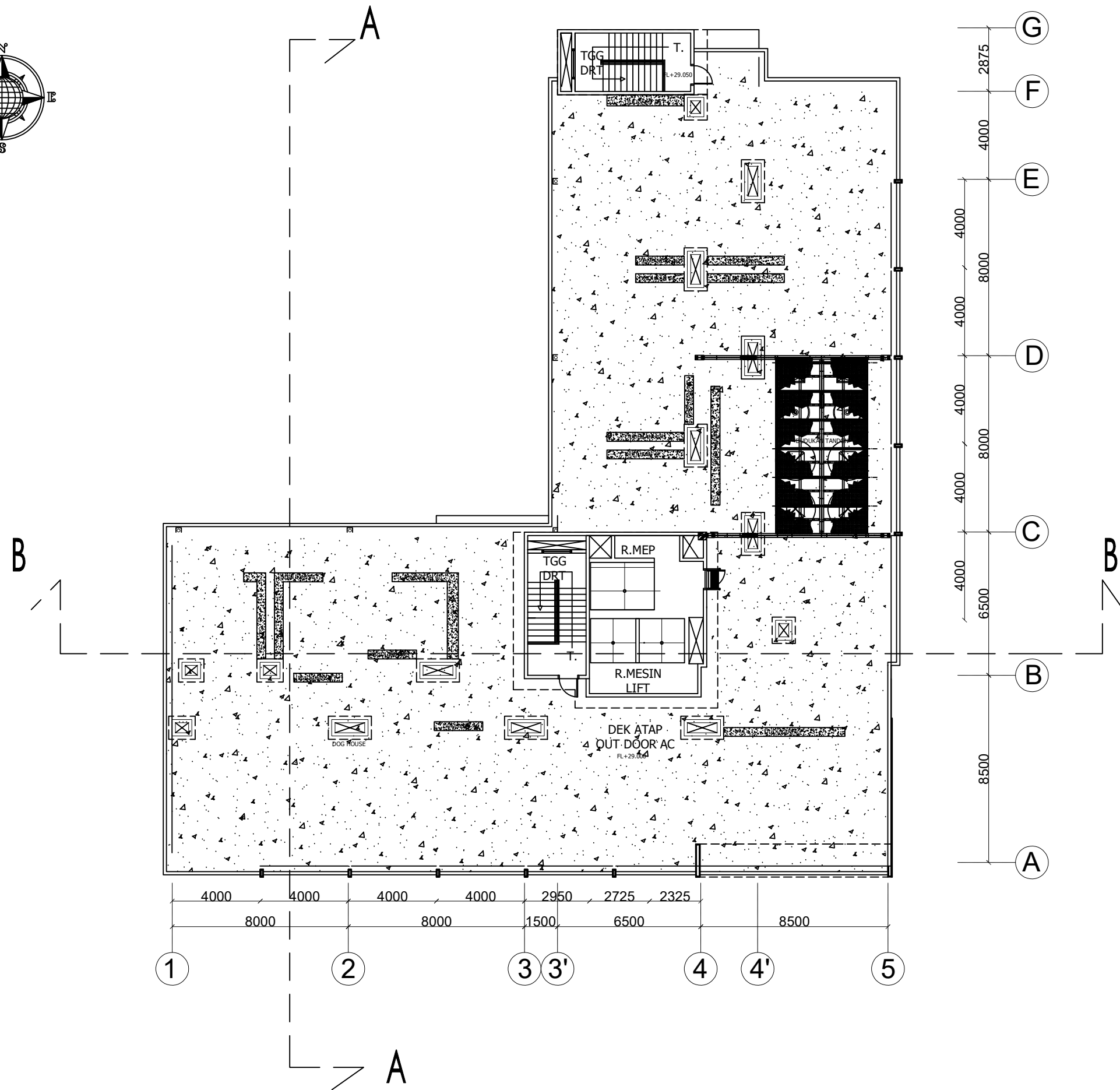
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

8

54



9 DENAH LT. ATAP  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

## KETERANGAN

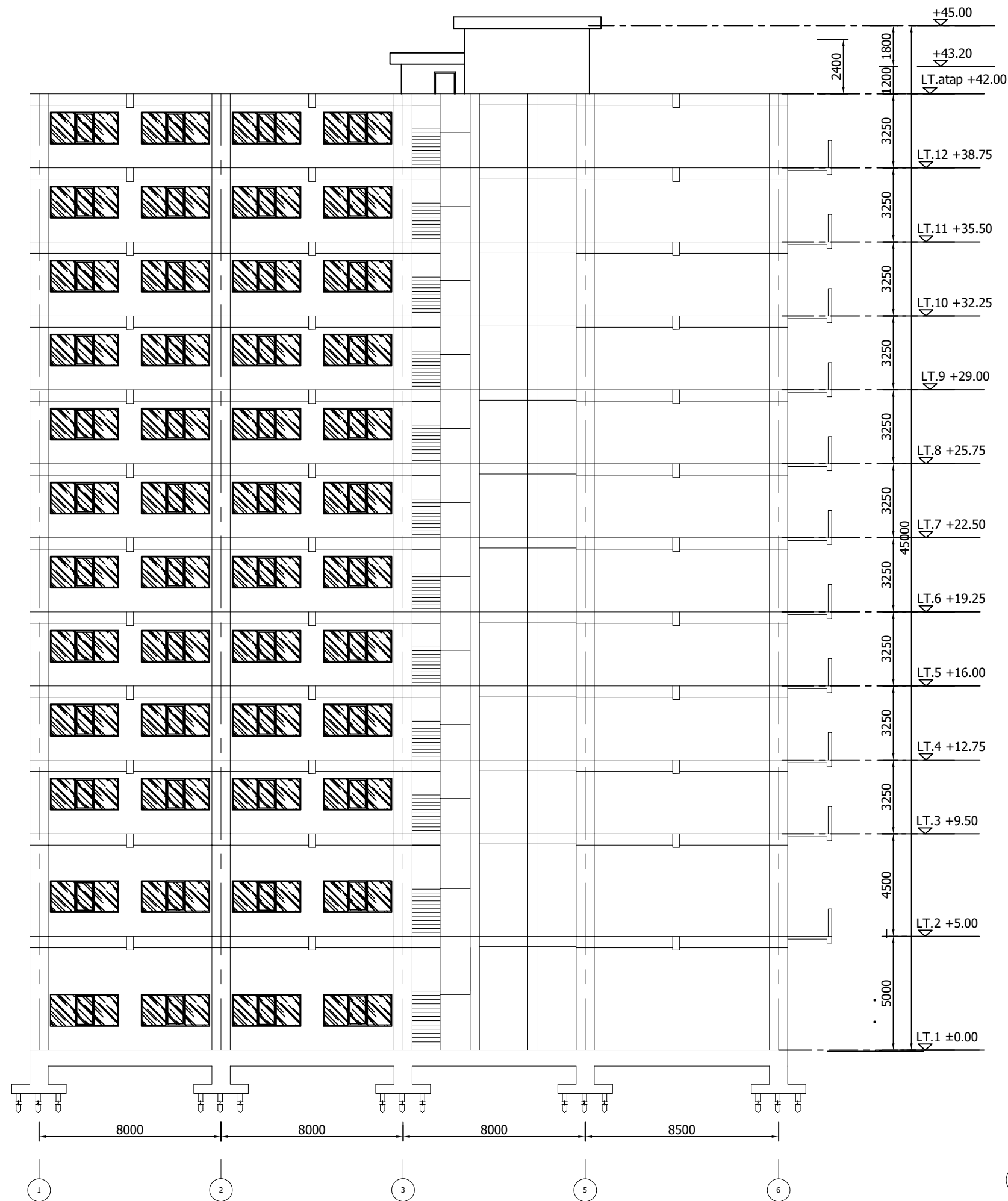
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

9

54



10 POTONGAN B-B  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

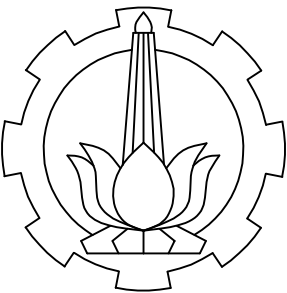
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

10

## JUMLAH

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

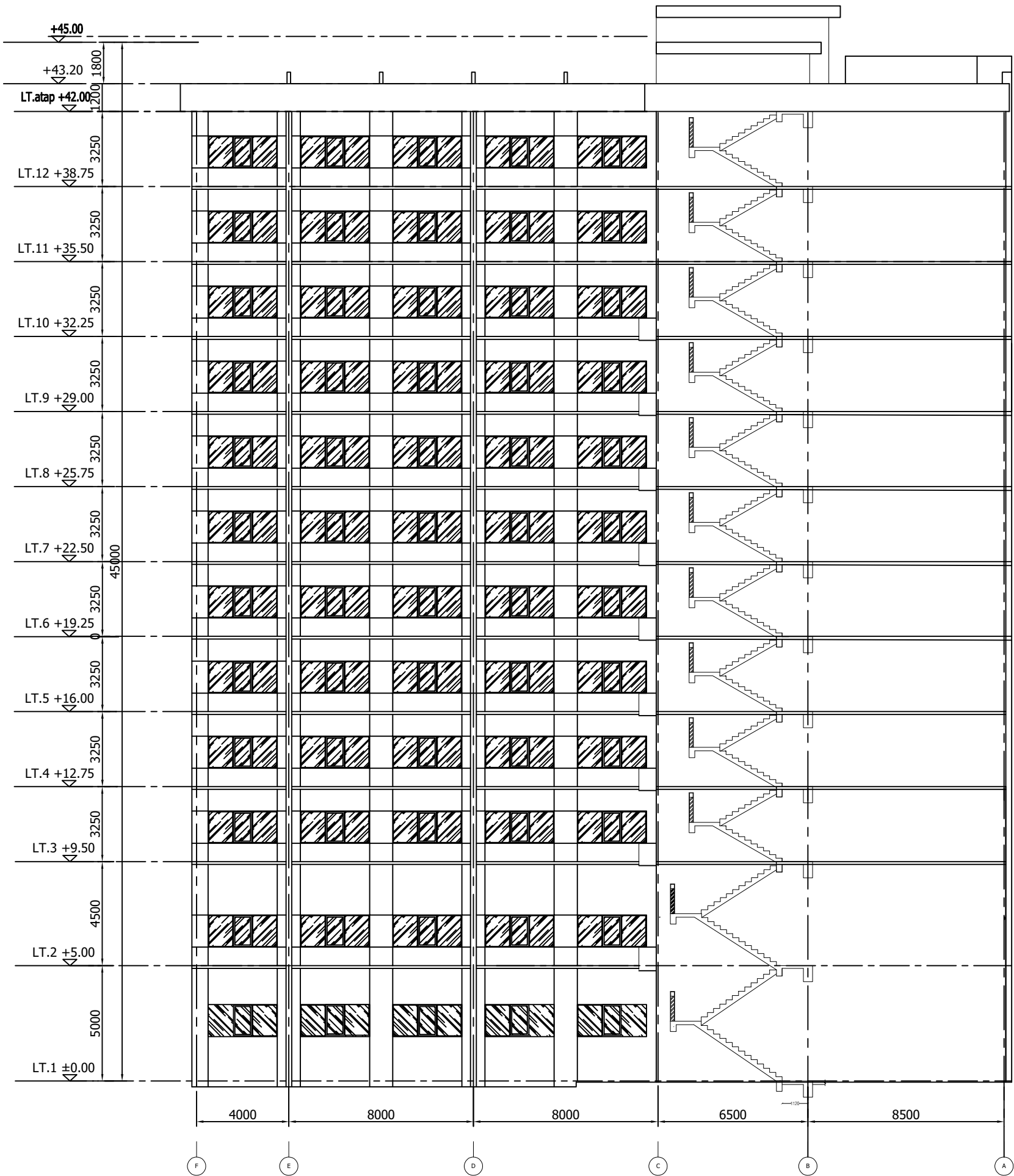
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

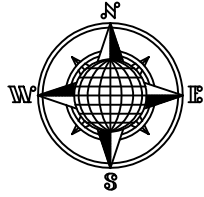
JUMLAH

11

54



11 POTONGAN A-A  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

## DOSEN PEMBIMBING

**Ir. Srie Subekti, MT.**

## NAMA MAHASISWA

**KHOIRUNNISA CAHYA A**  
**3113041037**

## KETERANGAN

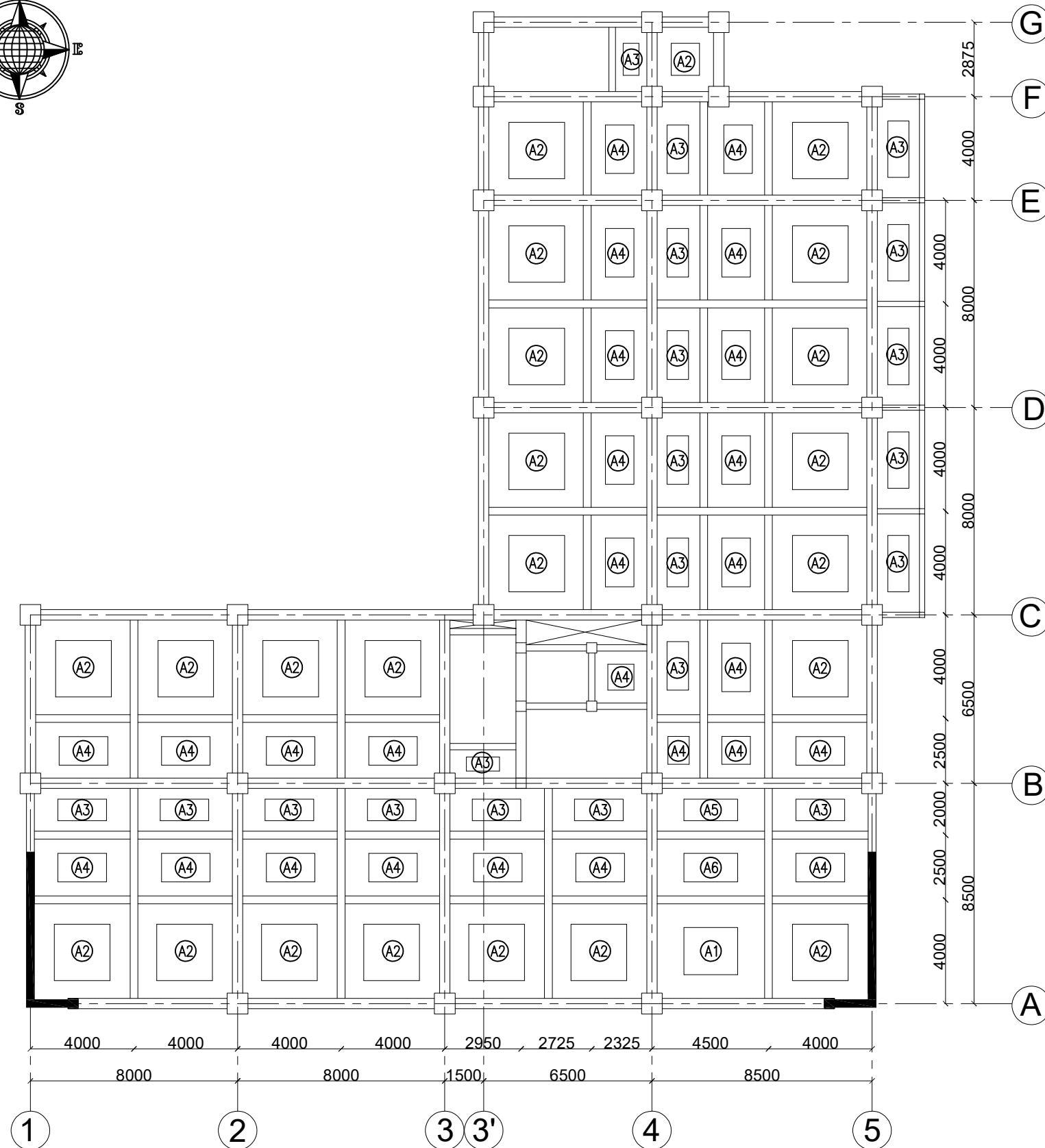
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

**NO**

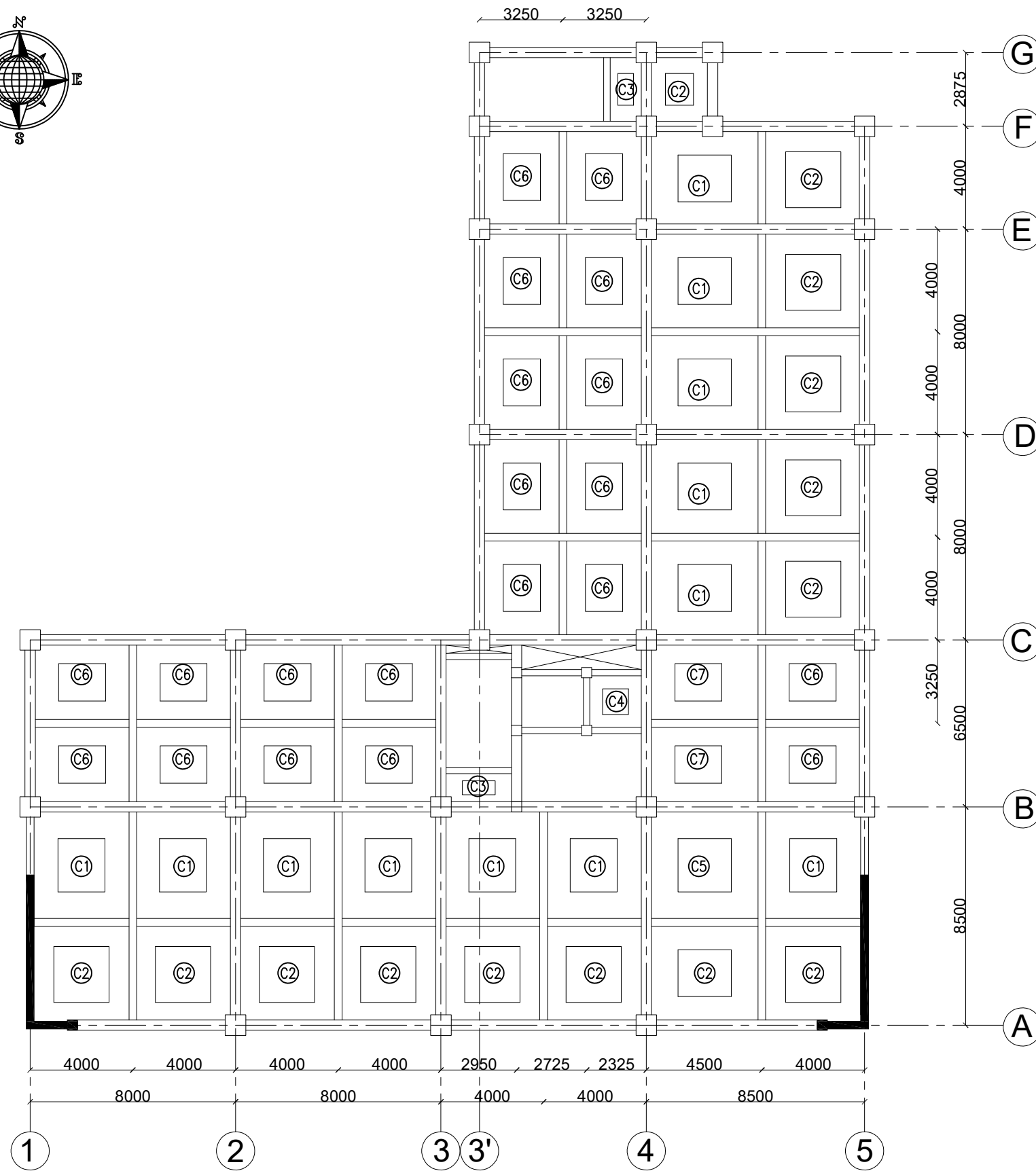
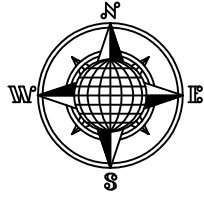
**JUMLAH**

**12**

**54**

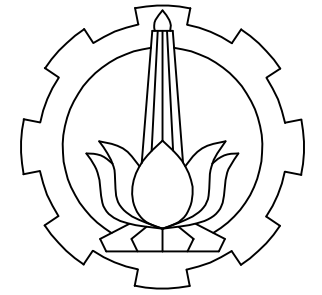


12 DENAH PLAT LT 2 - 12  
ELEVASI +5.000 s/d +38.750  
T = 120 mm  
skala 1 : 200



13

DENAH PLAT LT ATAP  
ELEVASI +42.00  
T = 120 mm  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

## KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

13

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

### KETERANGAN

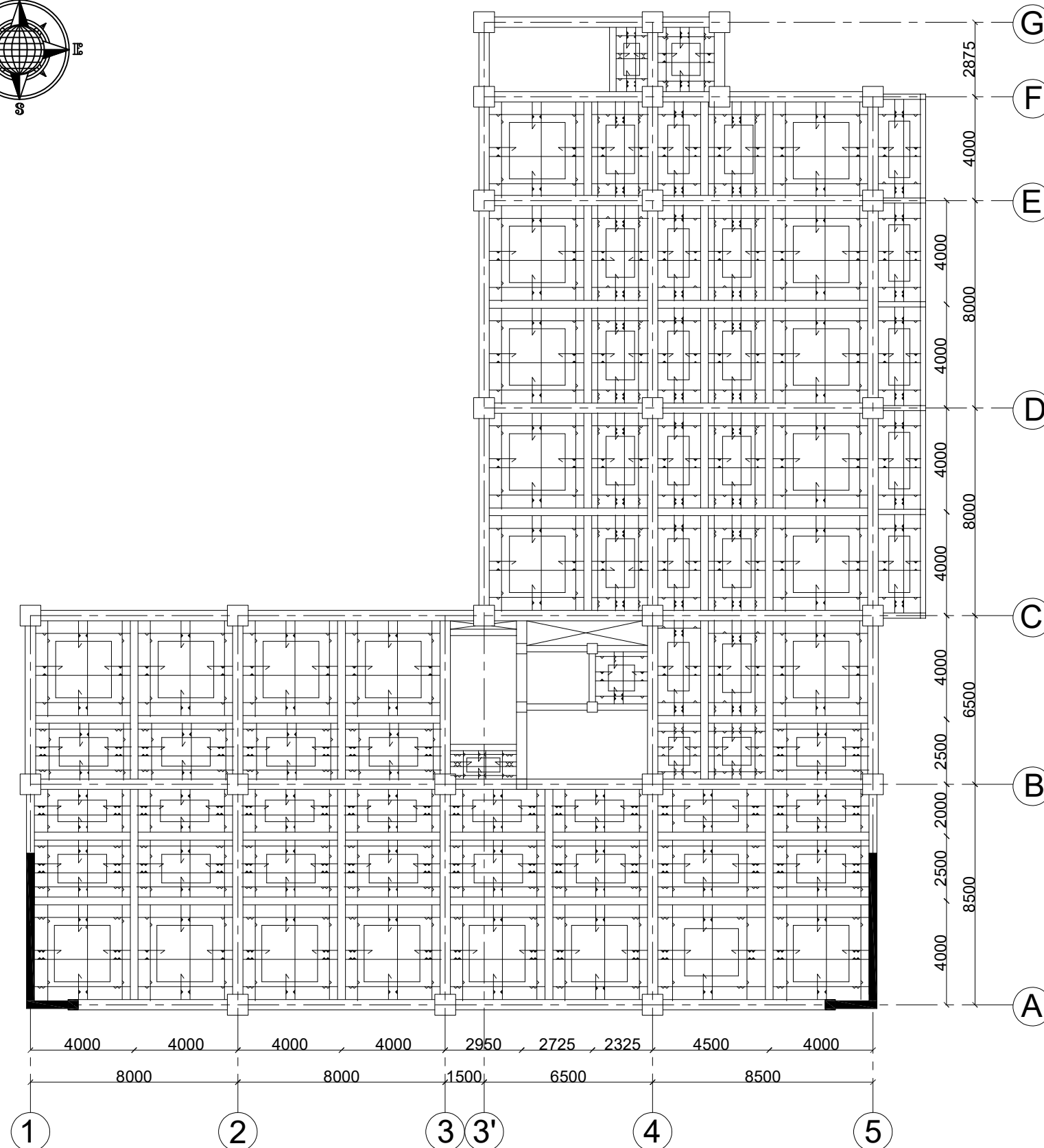
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

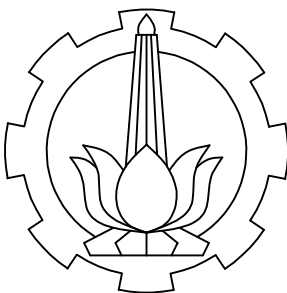
14

54



14 RENCANA PENULANGAN PLAT LT. 2 - 12  
ELEVASI +5.000 s/d +38.750  
T = 120 mm  
skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

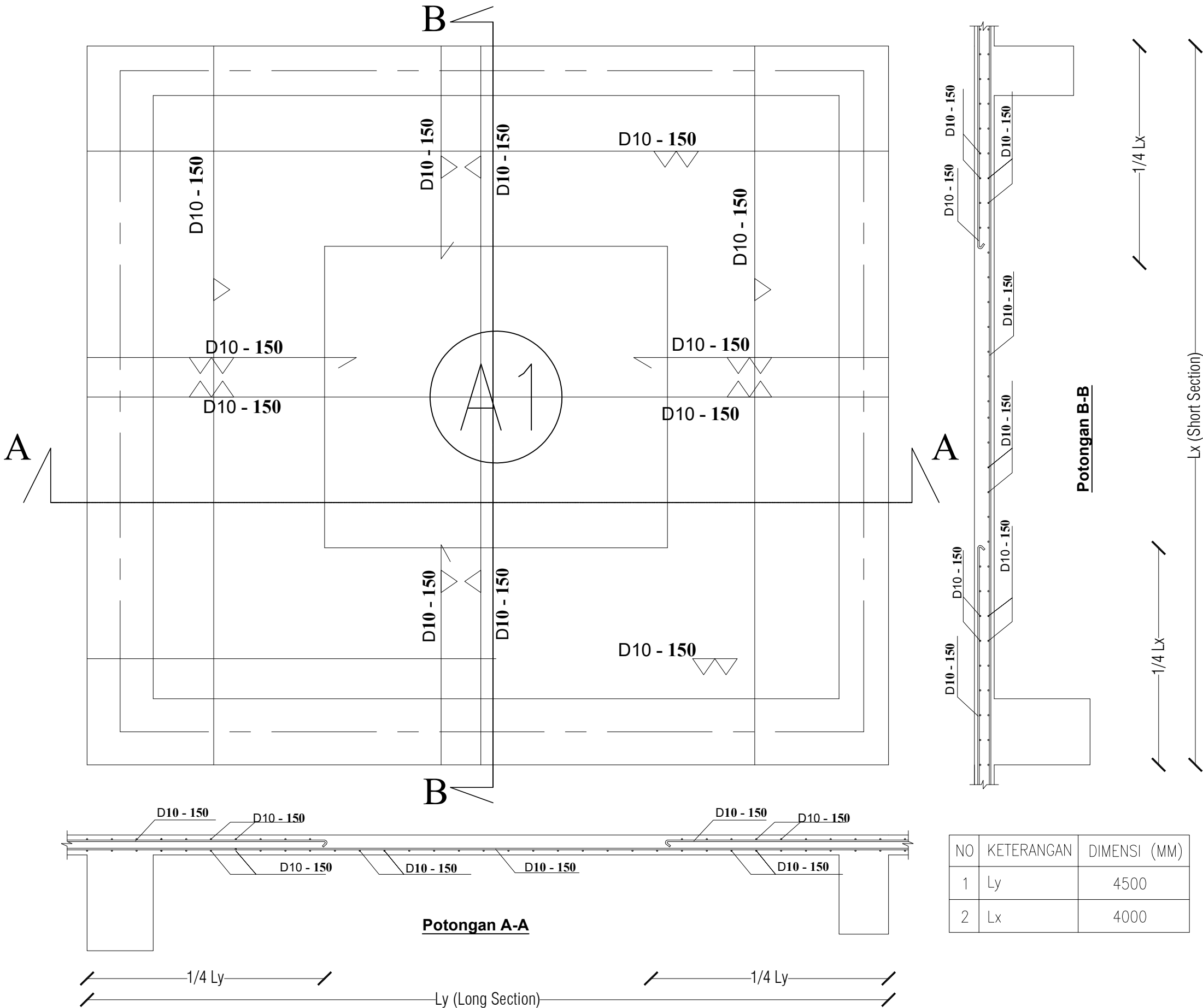
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

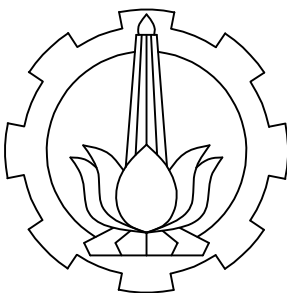
NO

JUMLAH

15

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

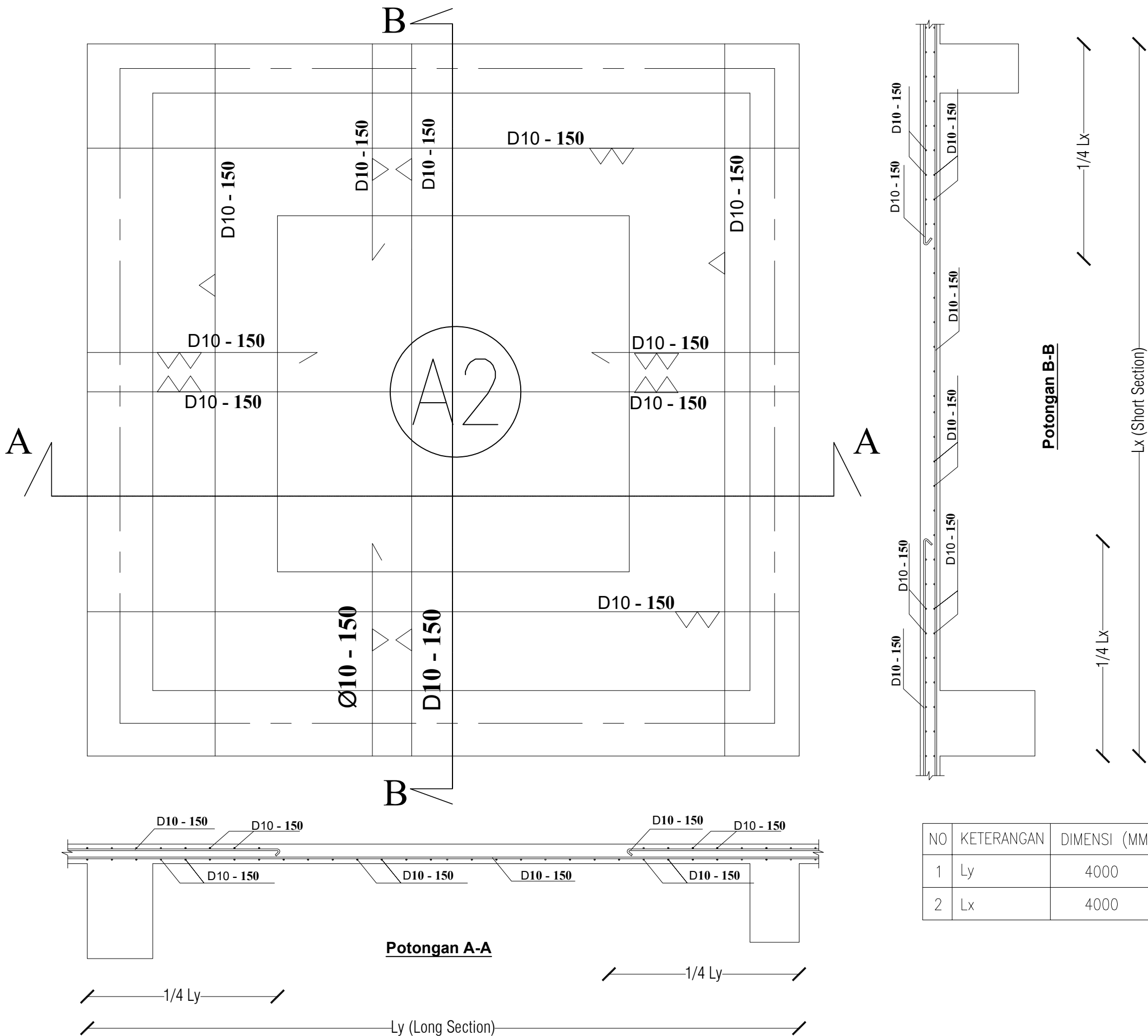
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

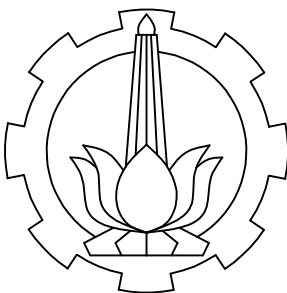
JUMLAH

16

54



NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4000
2	Lx	4000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

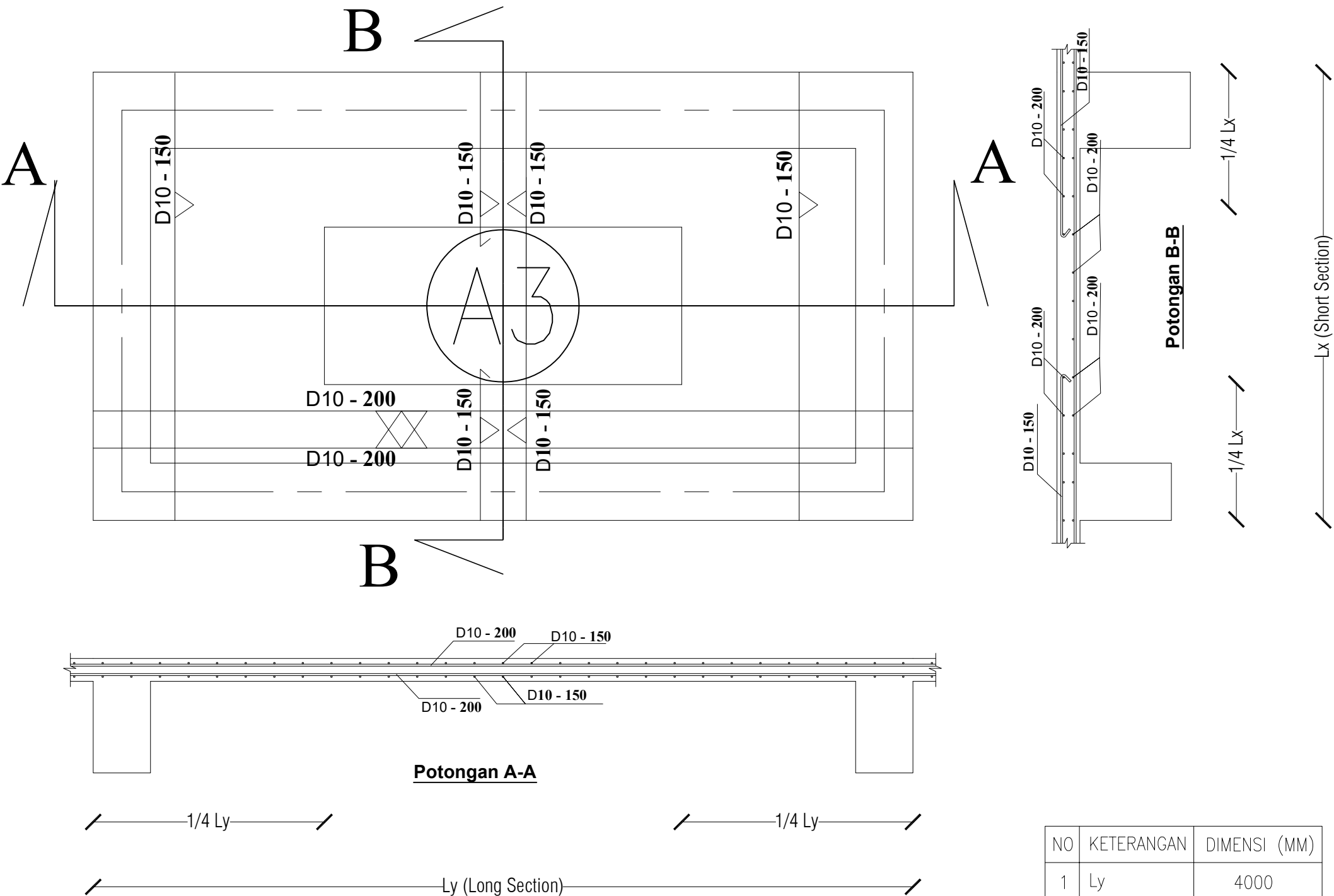
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

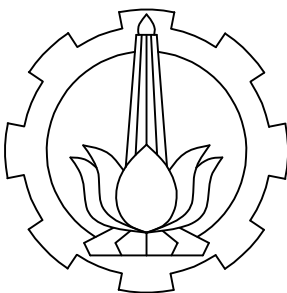
NO

JUMLAH

17

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

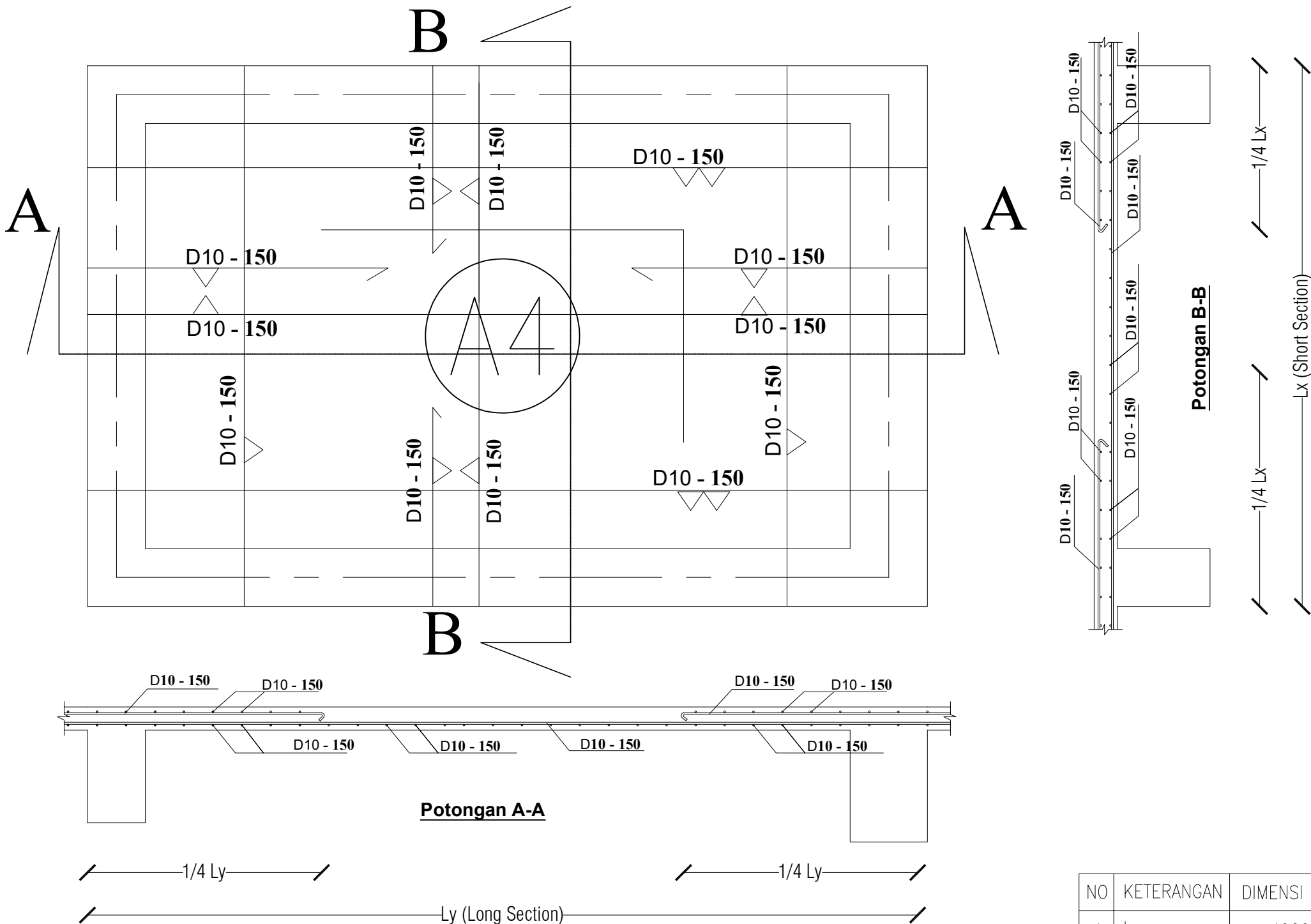
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

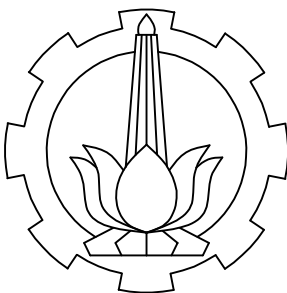
NO

JUMLAH

18

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

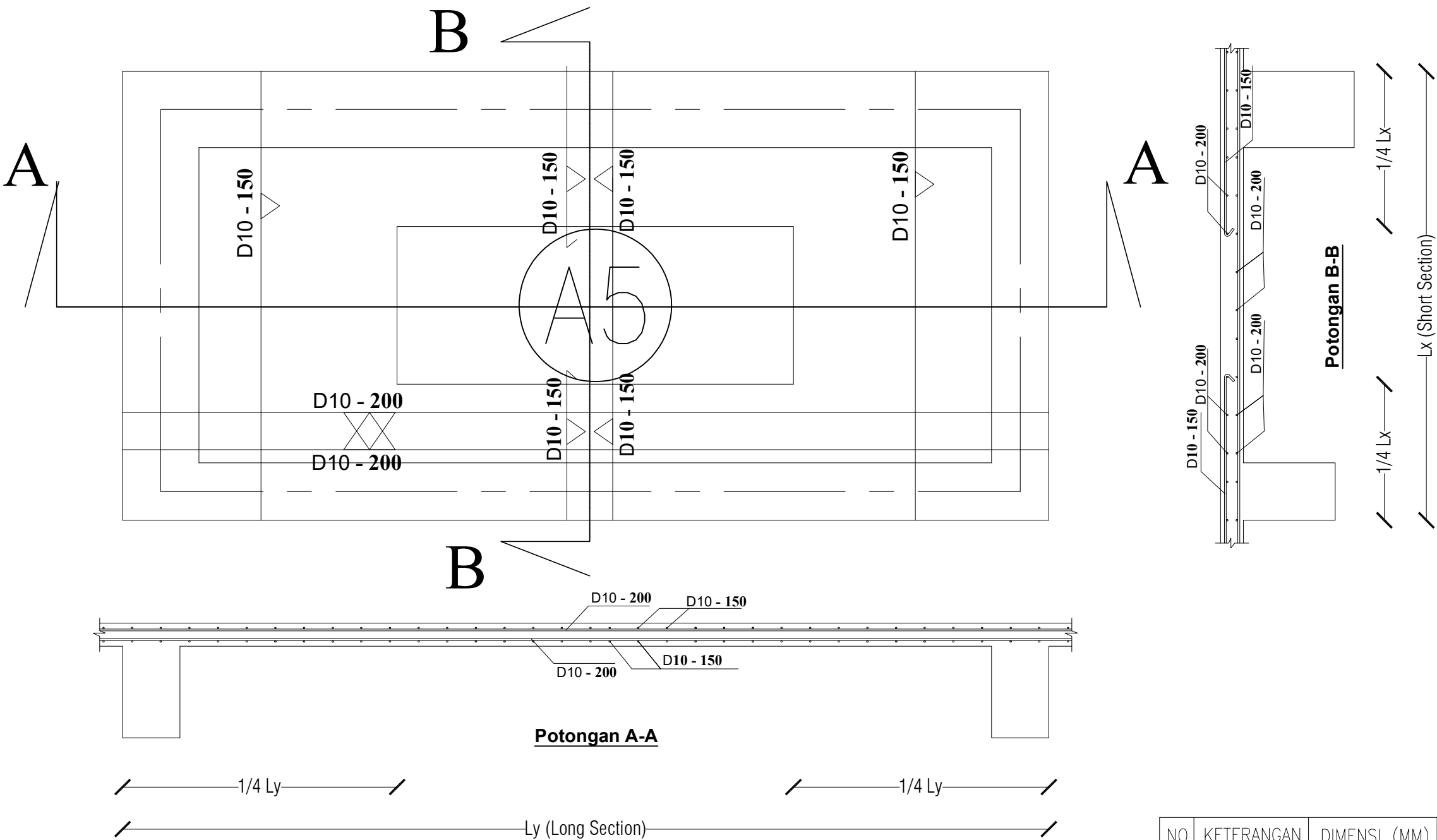
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

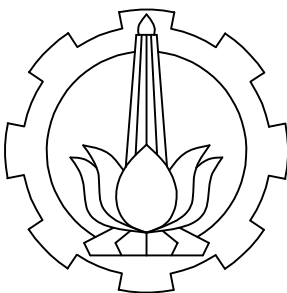
JUMLAH

19

54



NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4000
2	Lx	2000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

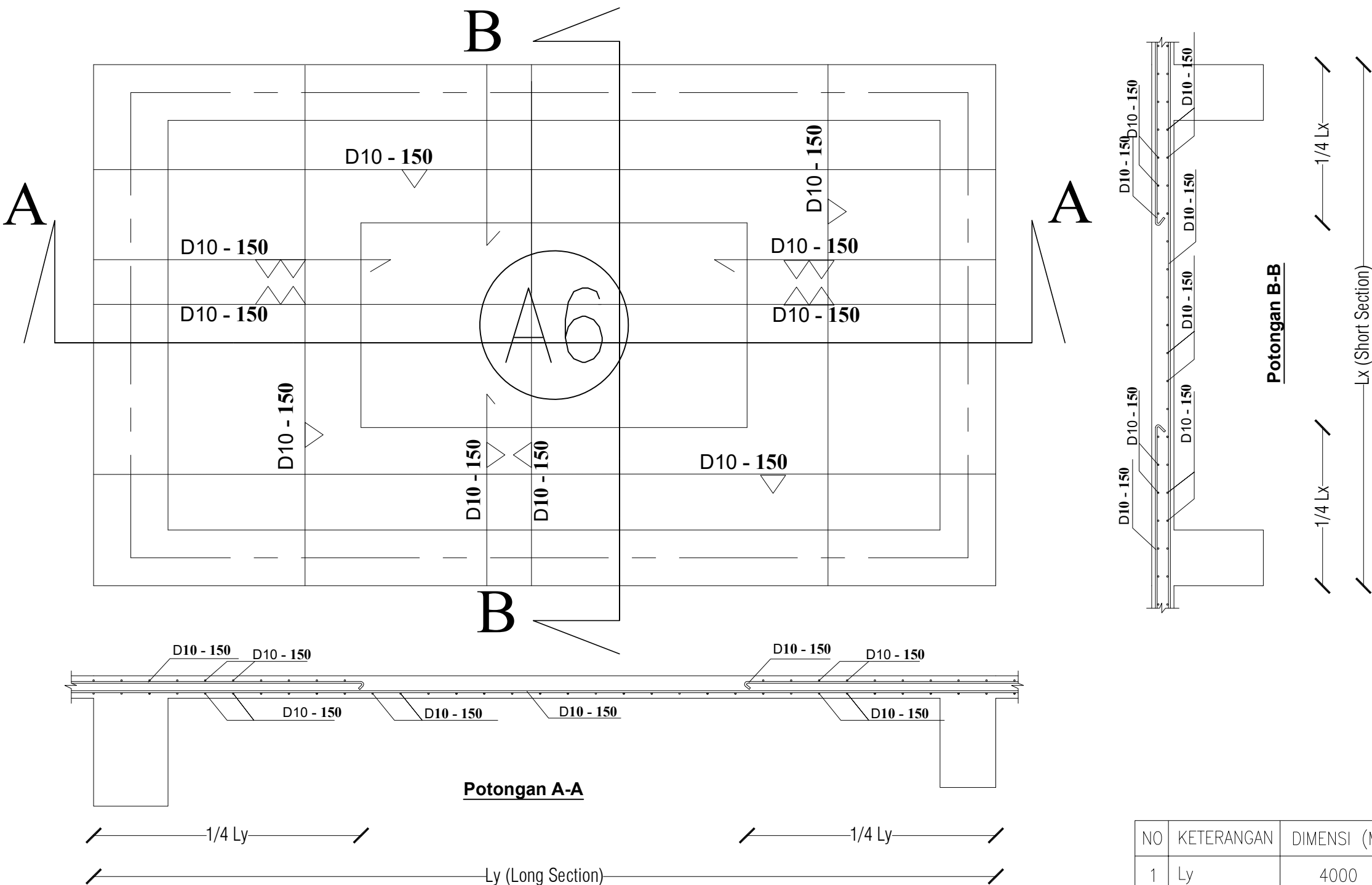
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

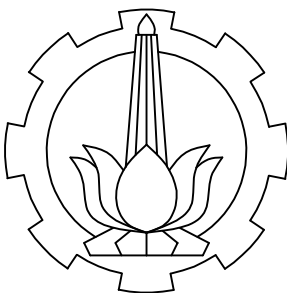
JUMLAH

20

54



NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4000
2	Lx	2500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

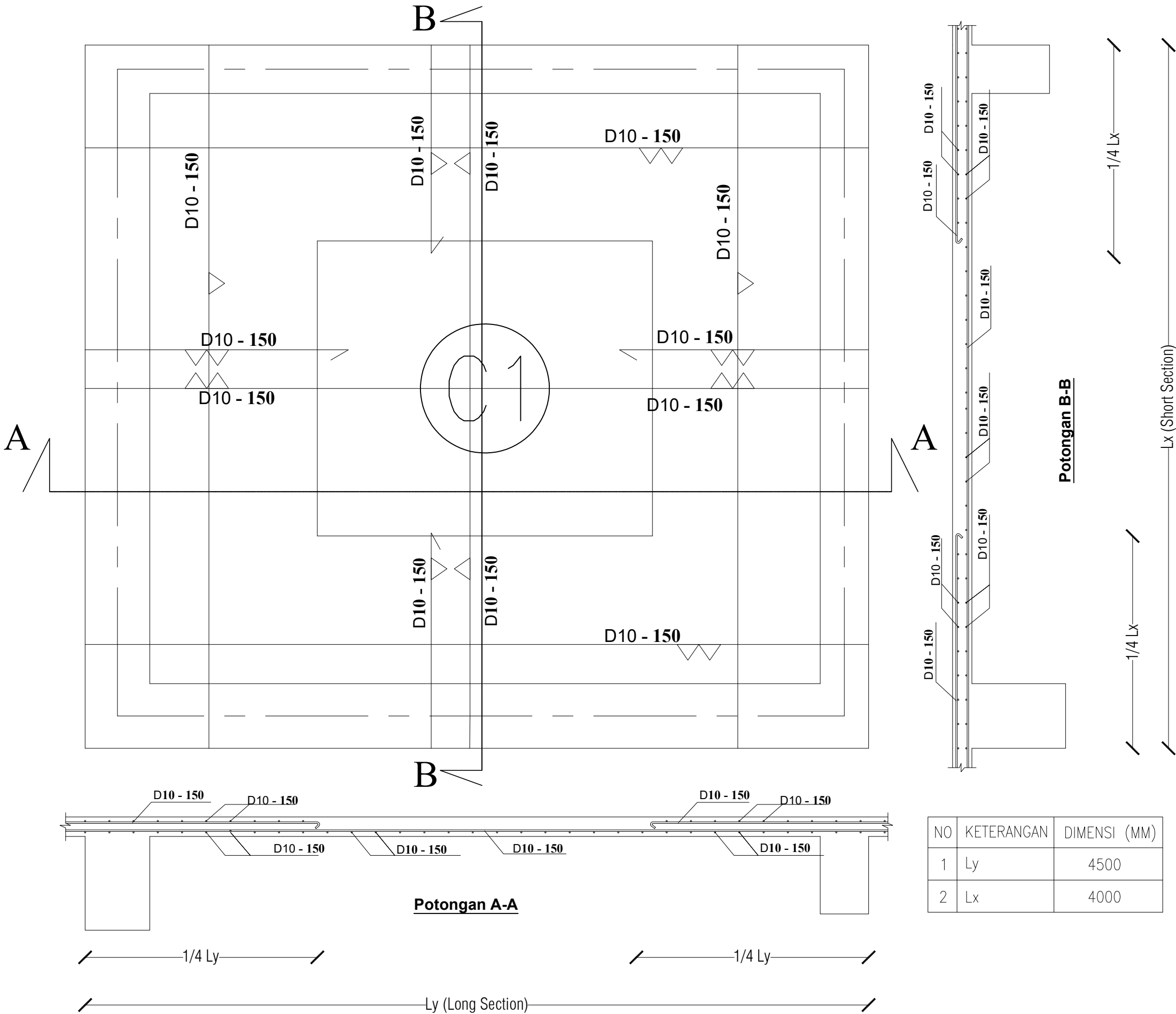
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

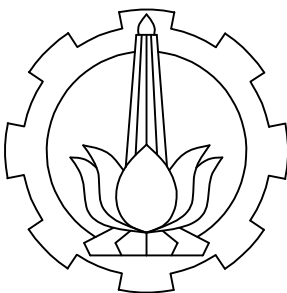
JUMLAH

21

54



21 DETAIL PLAT C1 (T=120) +42.00  
skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

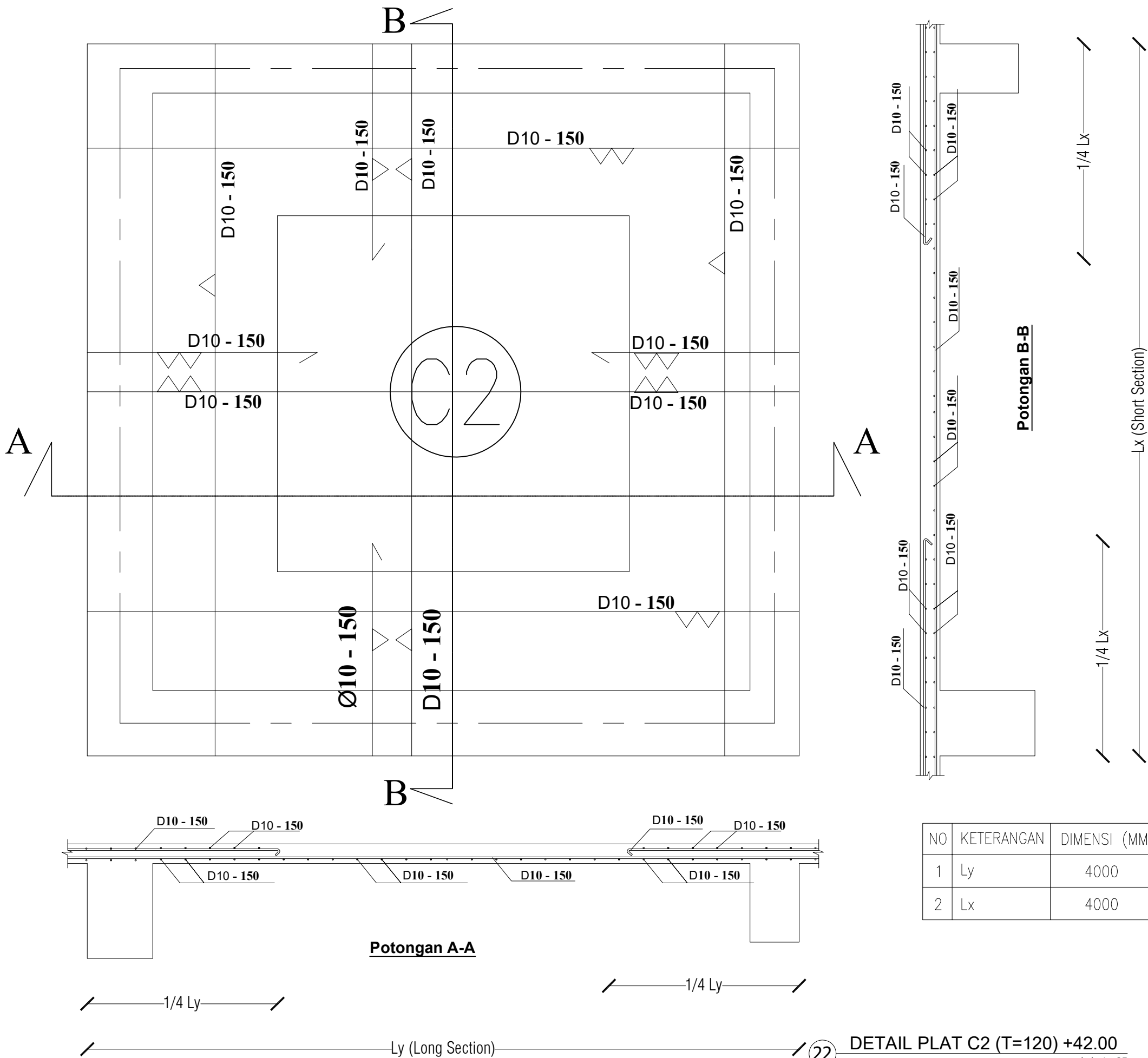
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

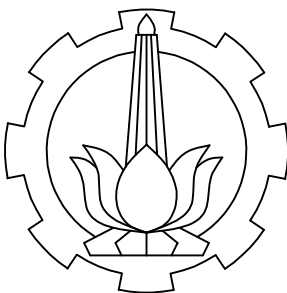
JUMLAH

22

54







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

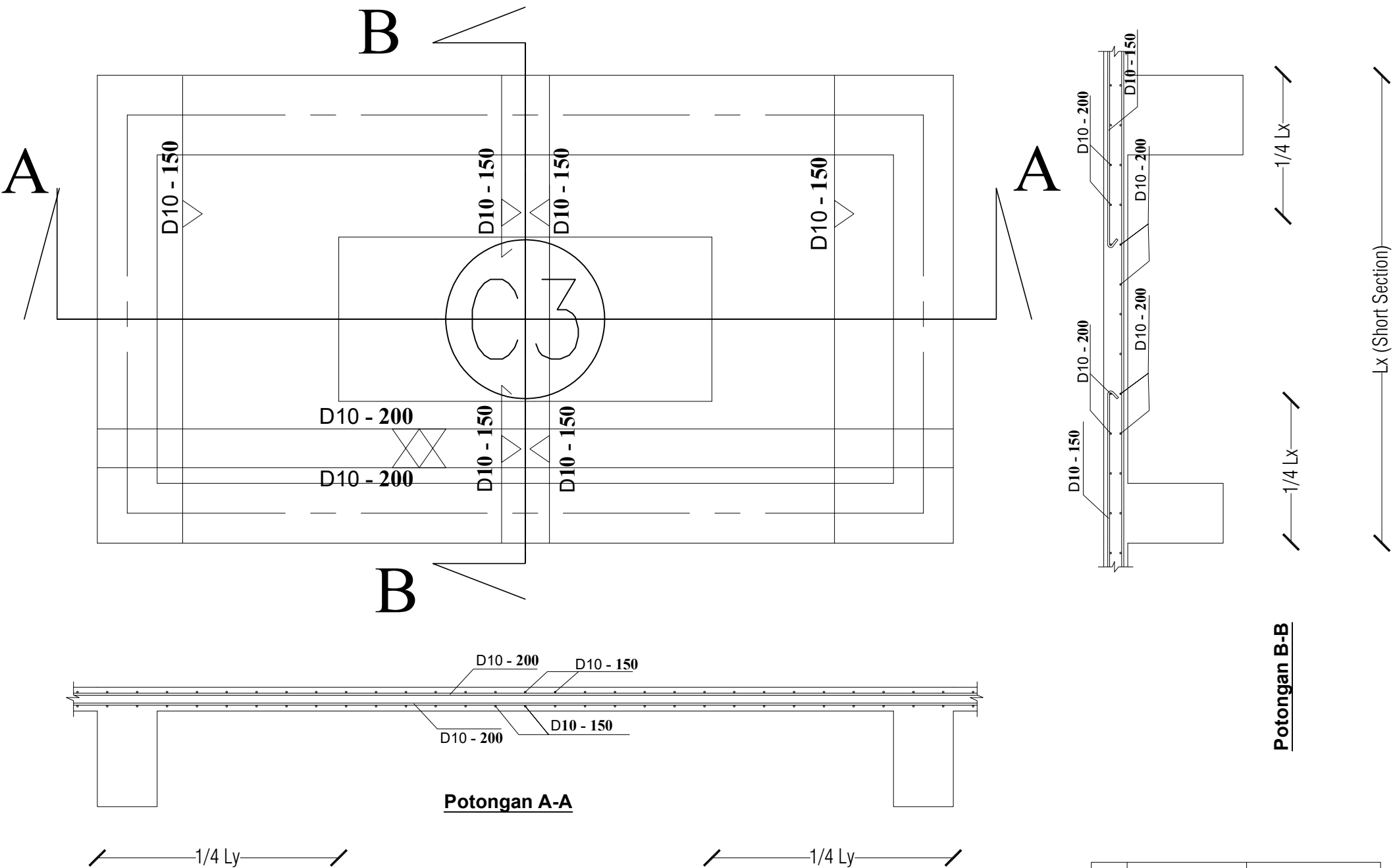
NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

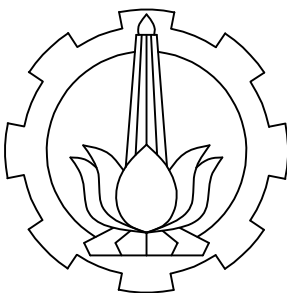
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO	JUMLAH
23	54



NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4000
2	Lx	2000

23 DETAIL PLAT C3 (T=120) +42.00  
skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

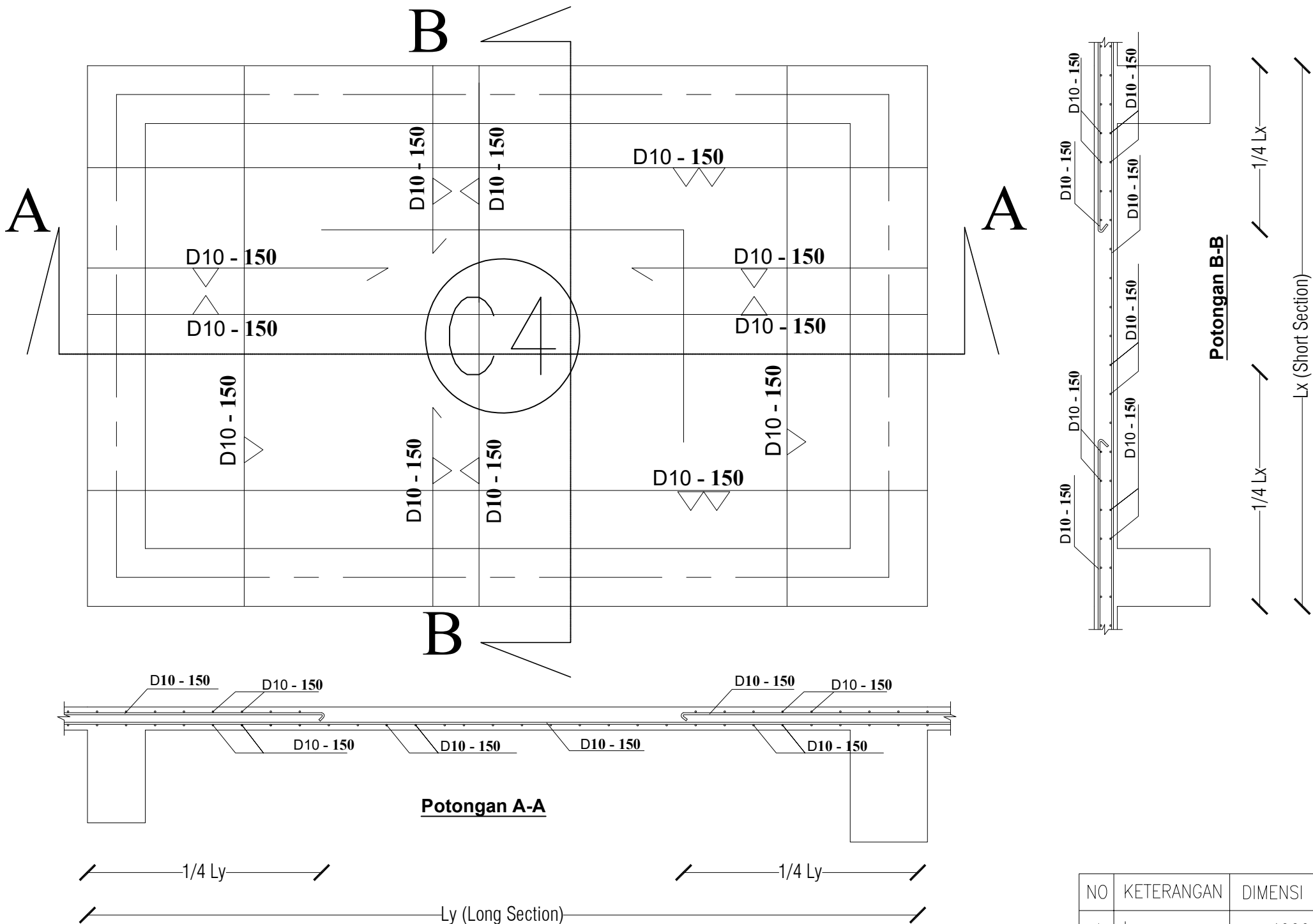
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

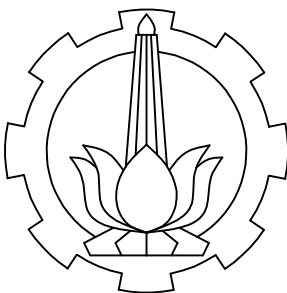
NO

JUMLAH

24

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

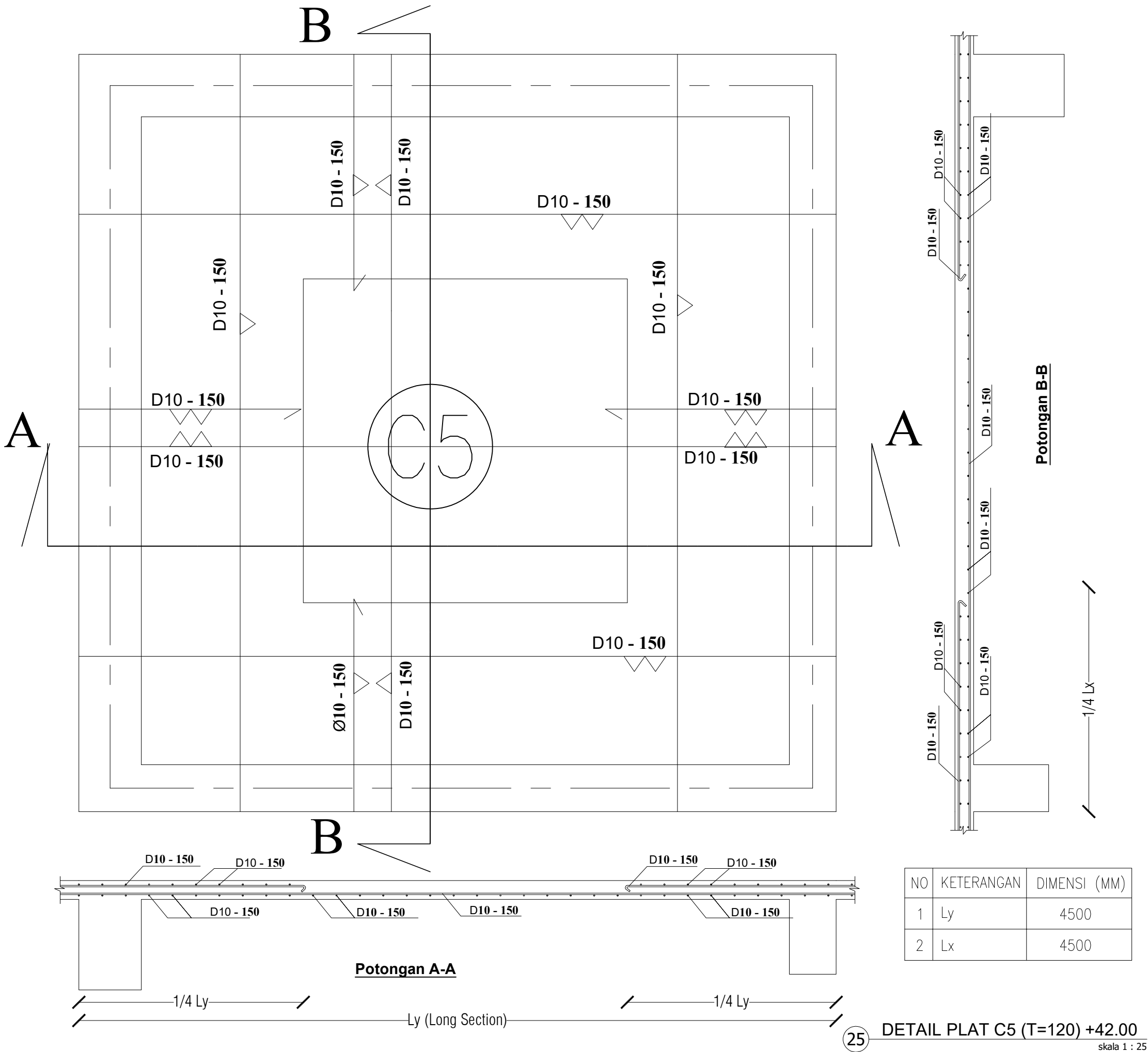
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

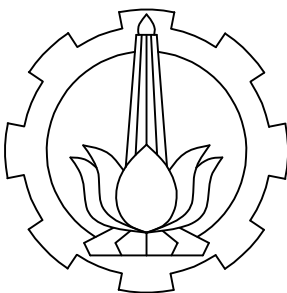
NO

JUMLAH

25

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

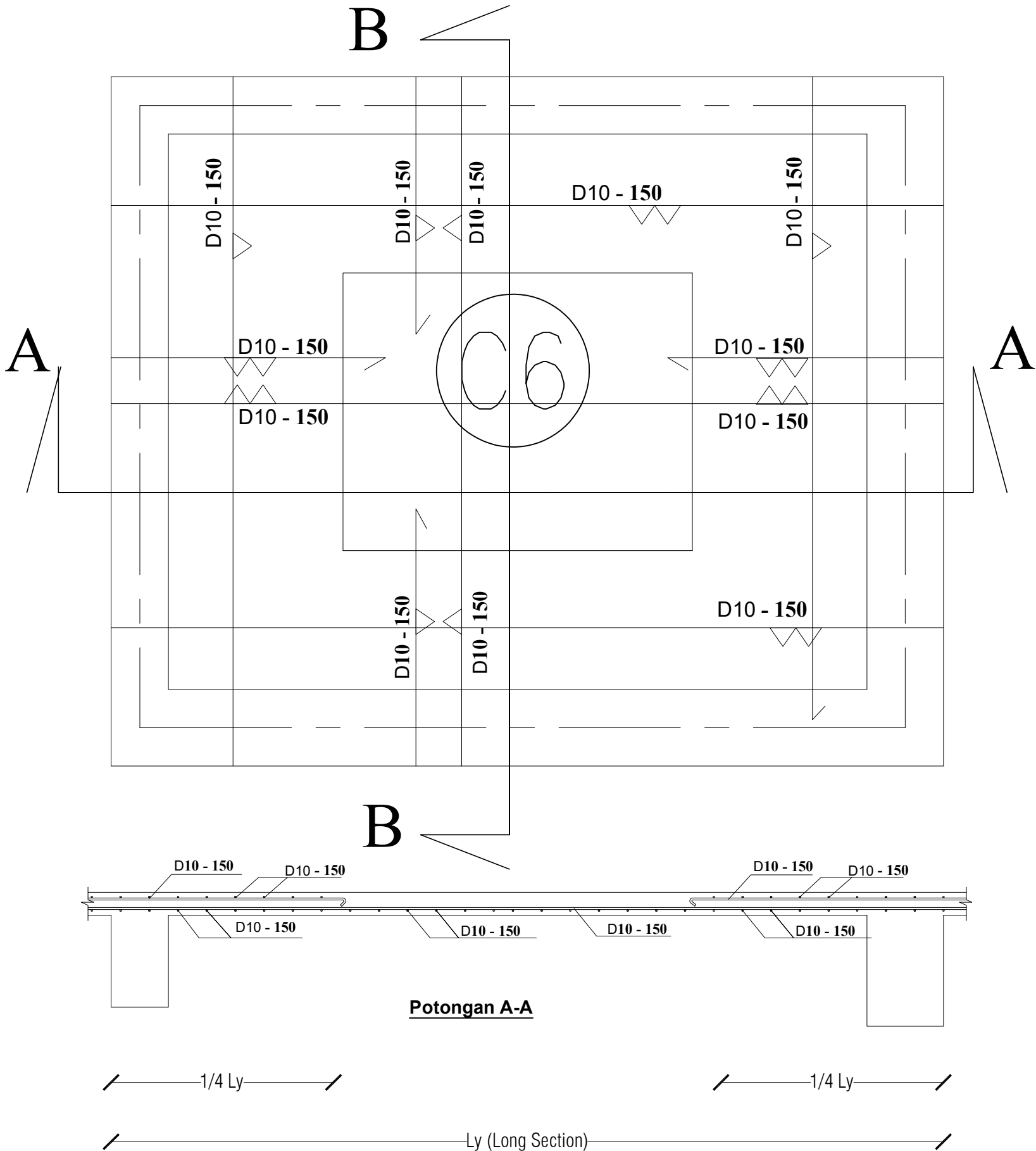
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

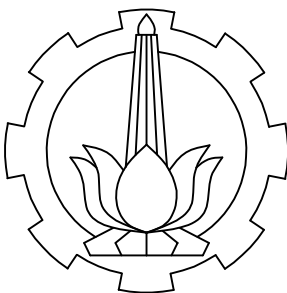
JUMLAH

26

54



NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4000
2	Lx	3250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

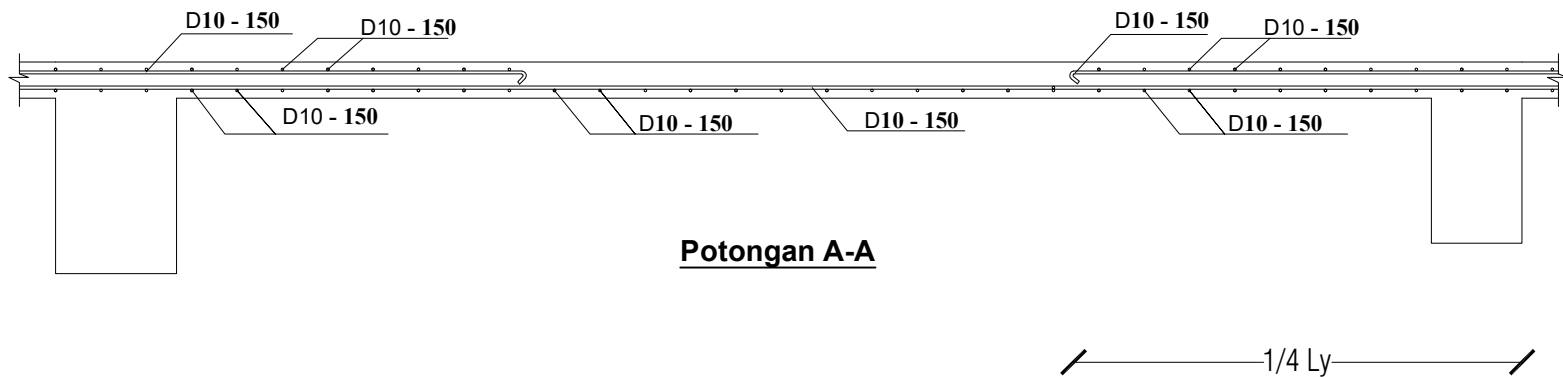
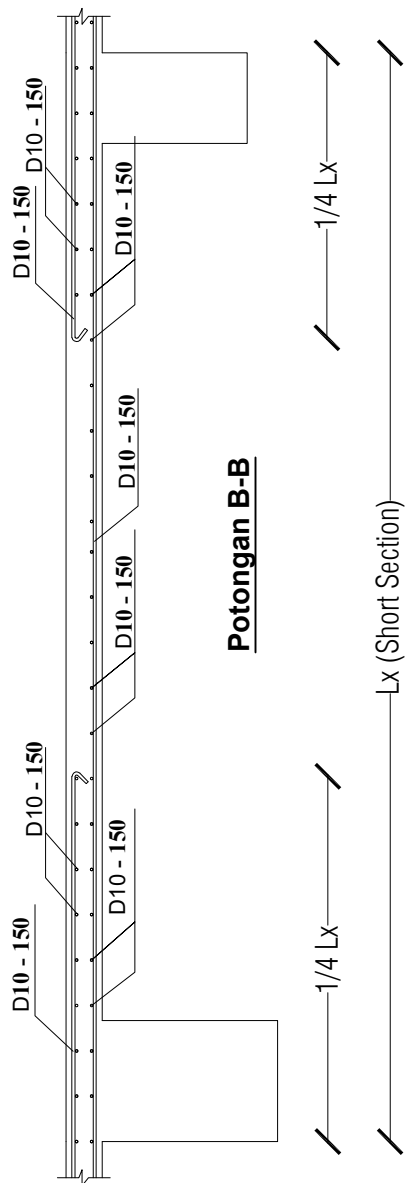
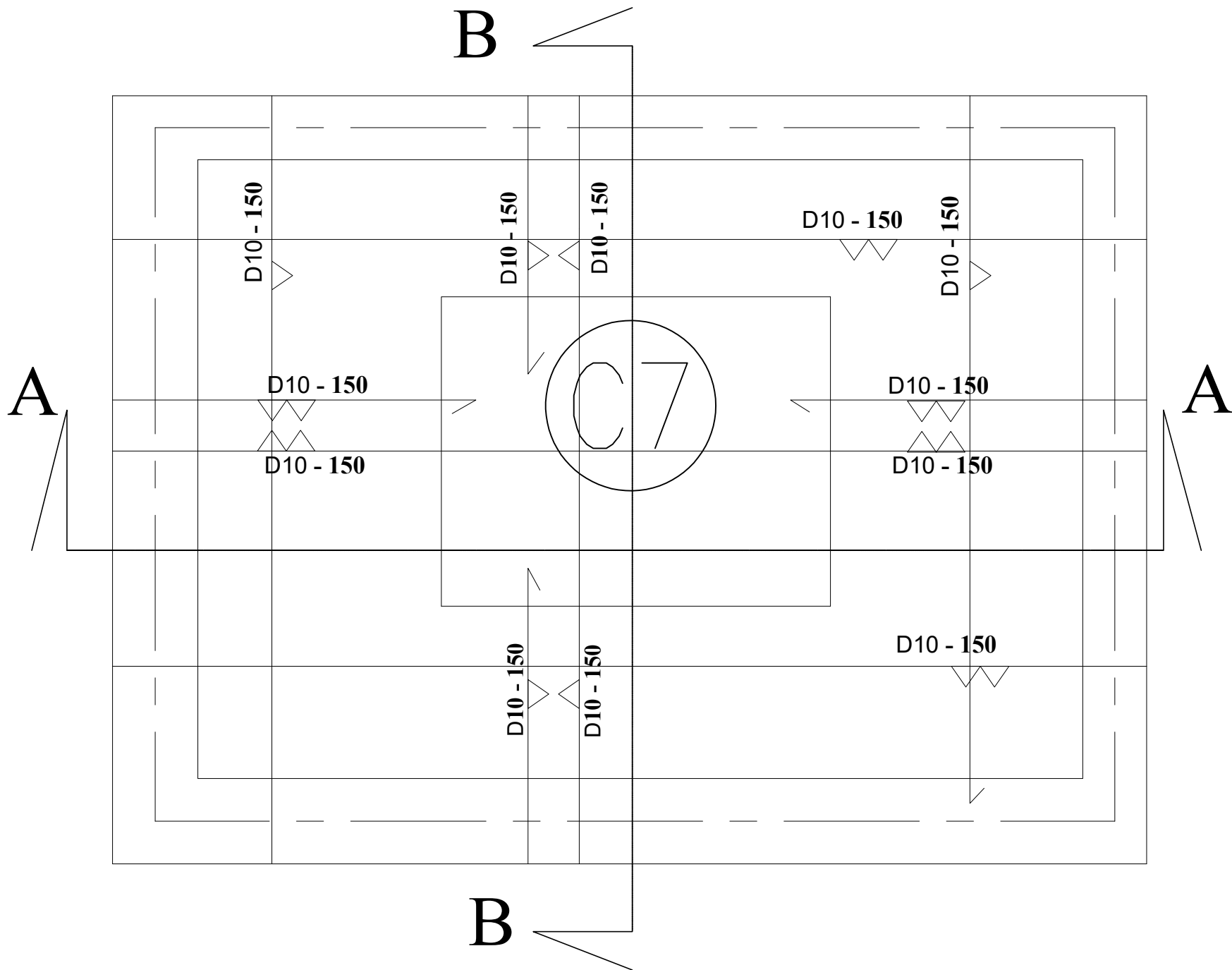
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

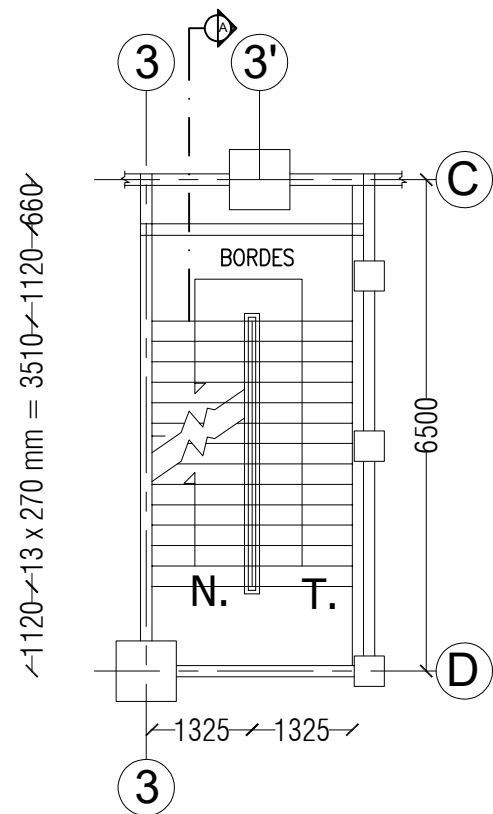
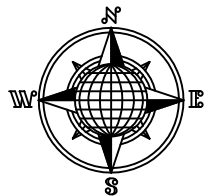
27

54

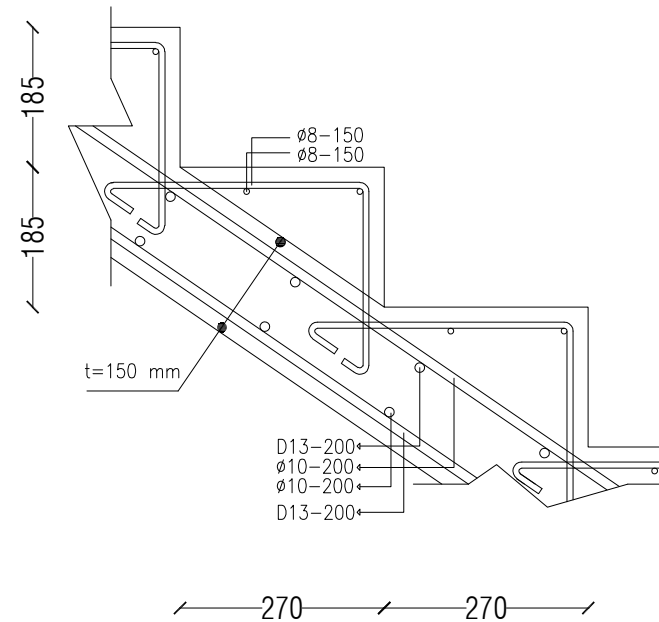


NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ly	4500
2	Lx	3250

27 DETAIL PLAT C7 (T=120) +42.00  
skala 1 : 25



28 DENAH TANGGA LANTAI 1  
skala 1 : 100

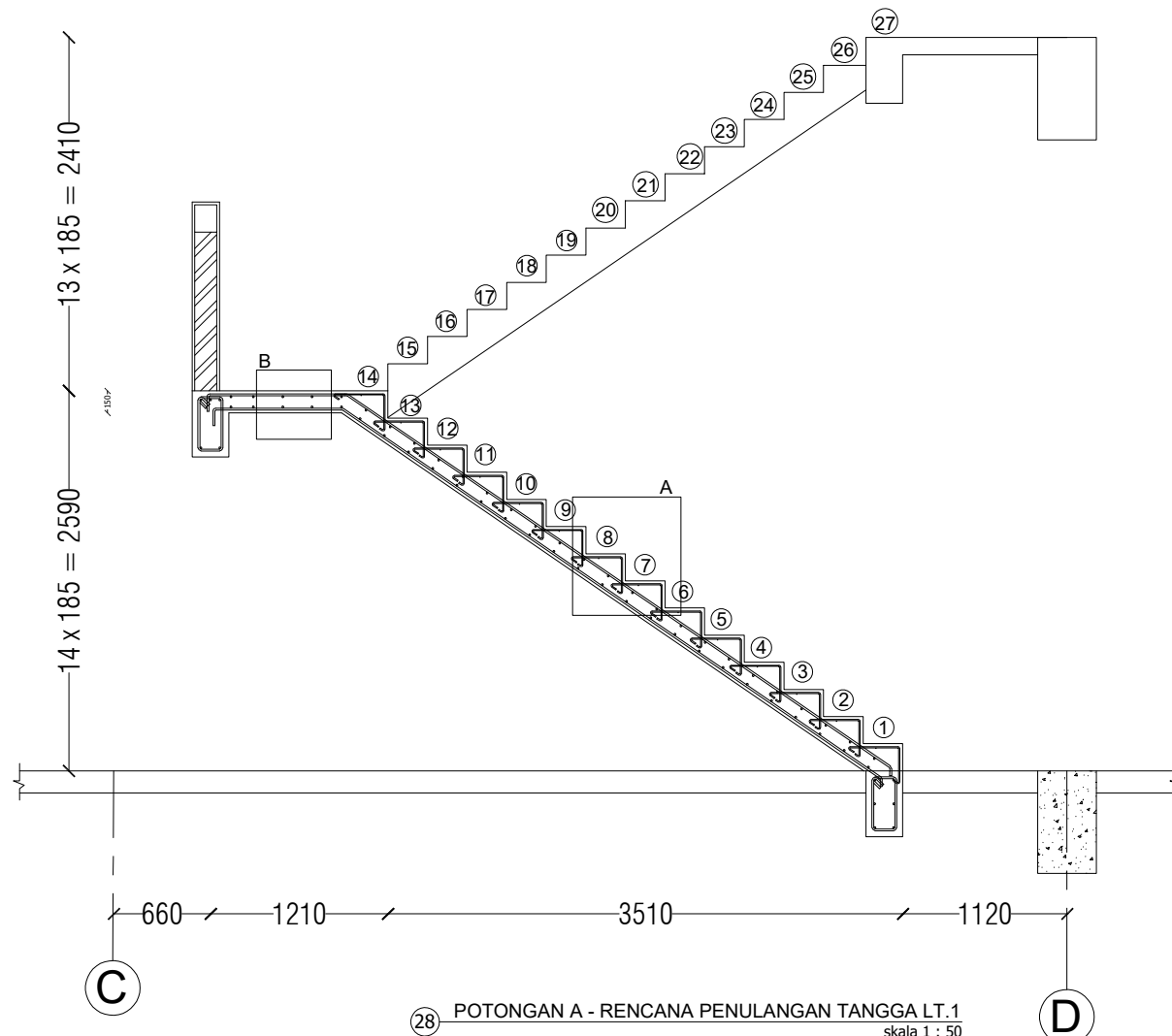


28 DETAIL A  
skala 1 : 10

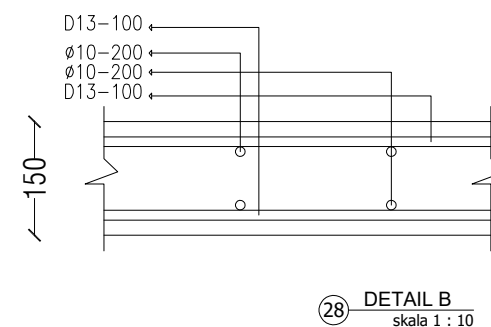
LT.2 ±5.00

BORDES ±2.59

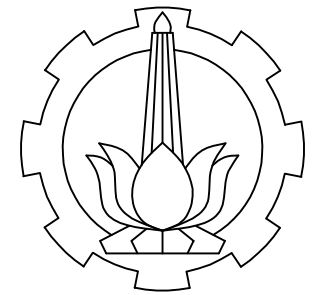
LT.1 ±0.00



28 POTONGAN A - RENCANA PENULANGAN TANGGA LT.1  
skala 1 : 50



28 DETAIL B  
skala 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

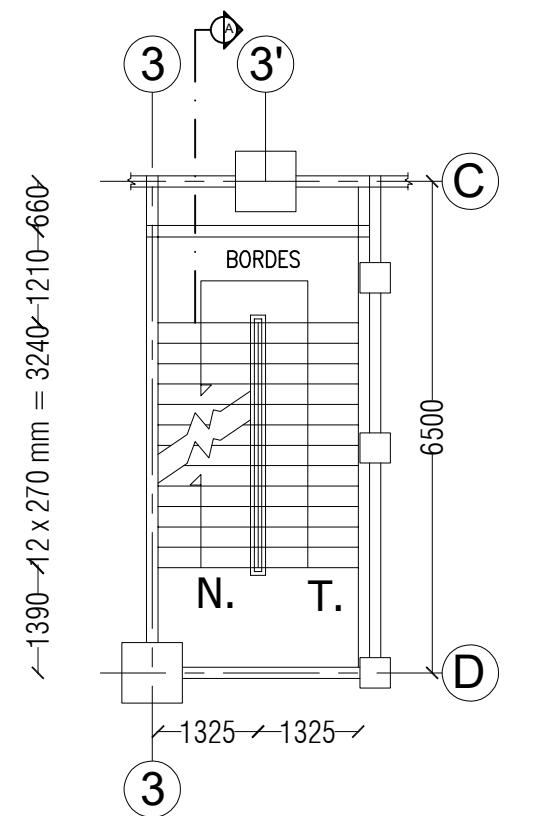
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

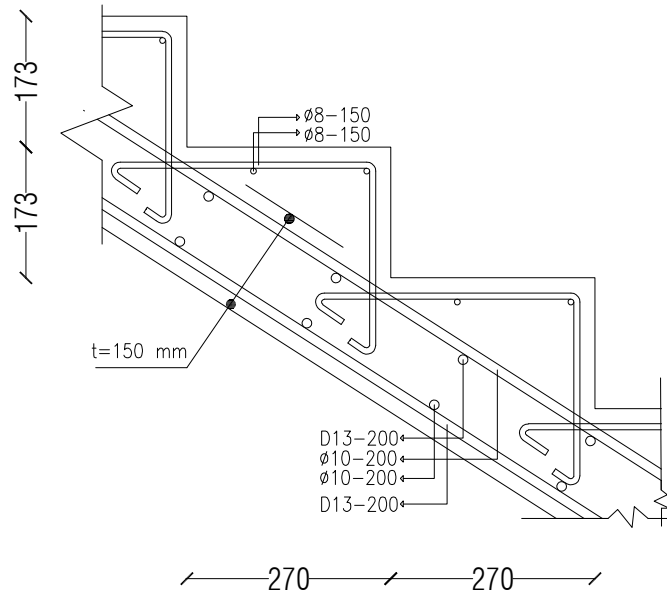
JUMLAH

28

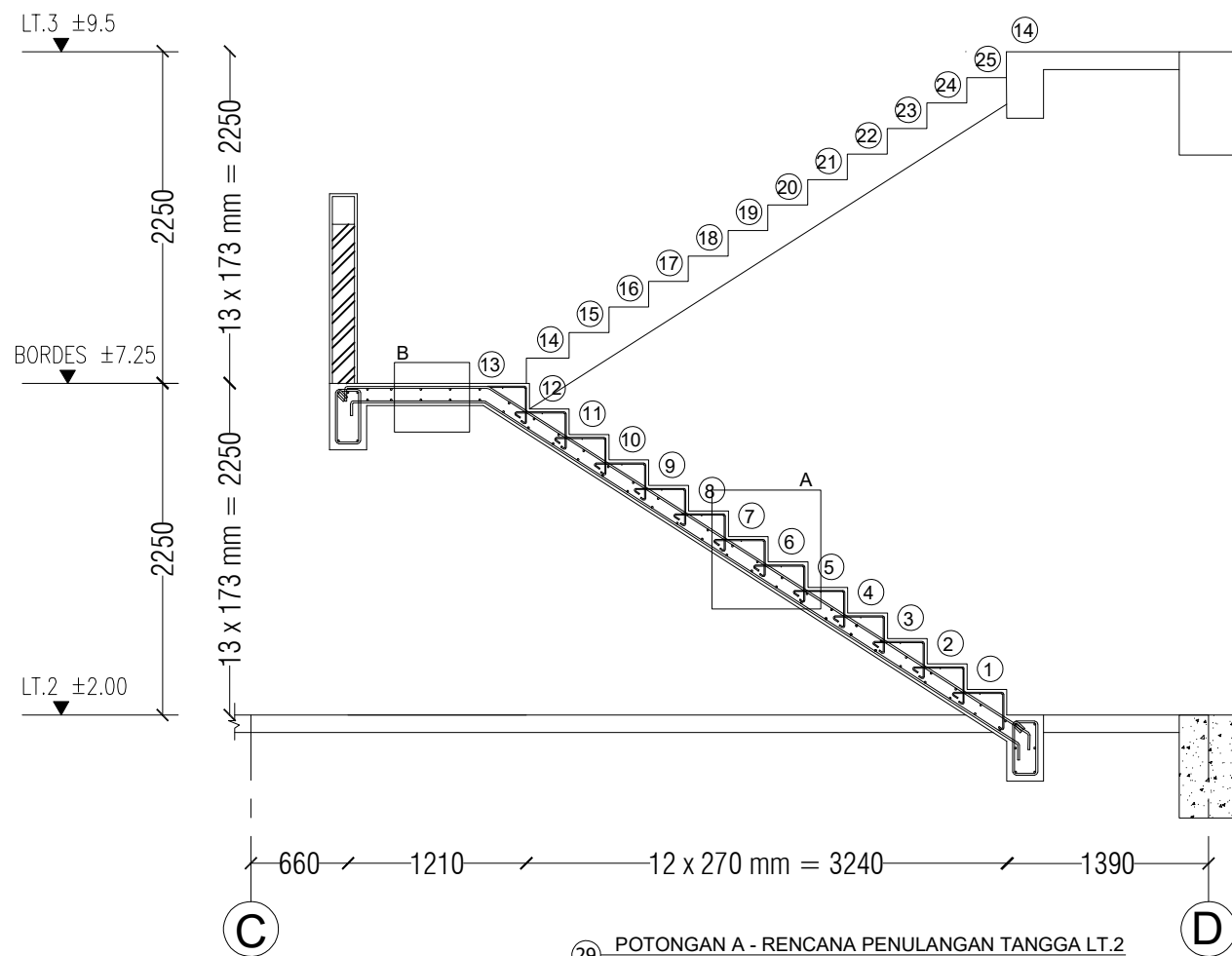
54



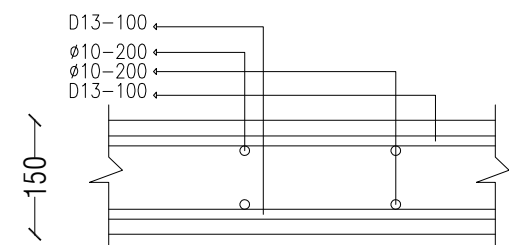
29 DENAH TANGGA LANTAI 2  
skala 1 : 100



29 DETAIL A  
skala 1 : 10



29 POTONGAN A - RENCANA PENULANGAN TANGGA LT.2  
skala 1 : 50



29 DETAIL B  
skala 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

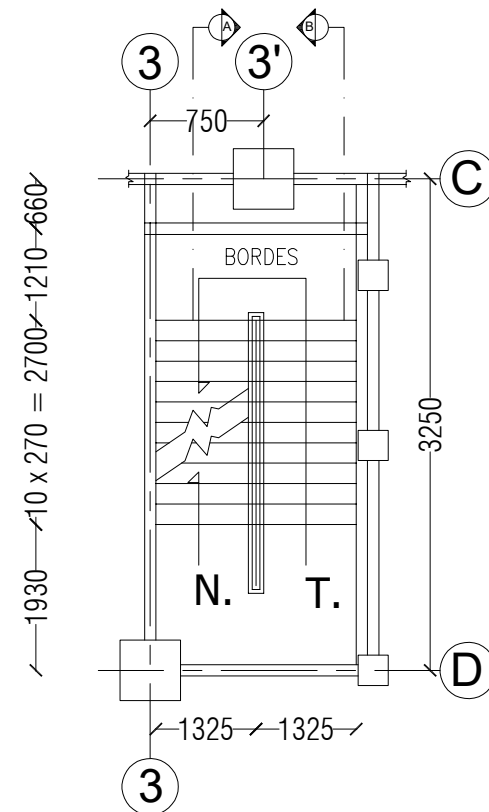
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

29

54



Technical drawing of a staircase showing a side elevation and a plan view.

**Side Elevation:** The staircase has 21 steps, numbered 1 to 21. The steps are shown in a side view, with the riser height and tread width indicated. The drawing is labeled with 'C' and 'D' at the bottom corners.

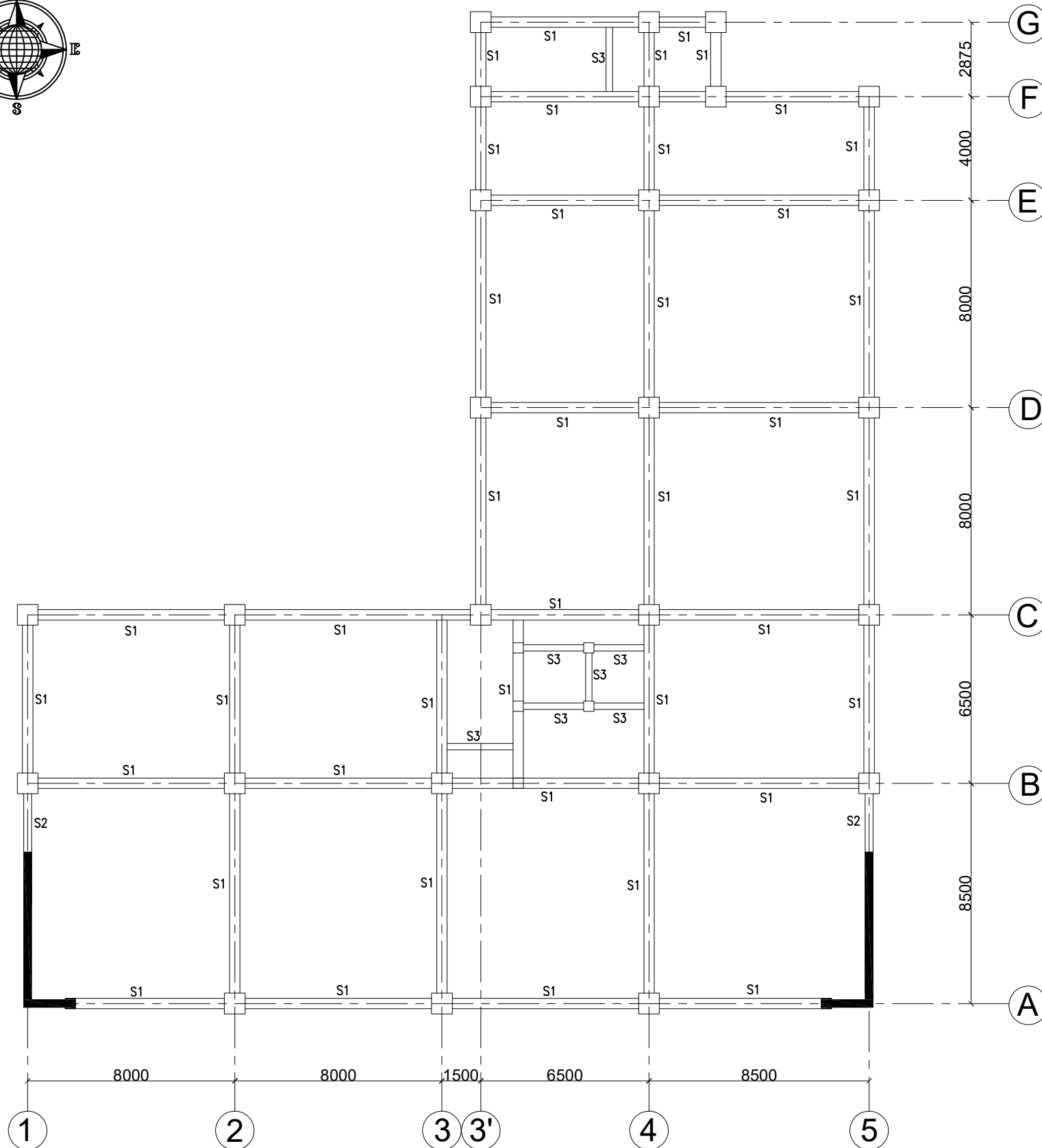
**Plan View:** The plan view shows the staircase layout. The dimensions are: 660, 1210, 10 x 270 mm = 2700, and 1930. The drawing is labeled with 'C' and 'D' at the bottom corners.

Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has a total length of 150, indicated by a dimension line on the left. The shaft features several steps and holes. The dimensions and labels are as follows:

- Top step diameter: D13-100
- Second step diameter:  $\varnothing 10-200$
- Third step diameter:  $\varnothing 10-200$
- Bottom step diameter: D13-100

54





NO	TYPE SLOOF	DIMENSI SLOOF
1	S1	400 X 700
2	S2	300 X 600
3	S3	250 X 450

31 DENAH SLOOF LT. DASAR  
ELEVASI +0.000 t = 150 mm skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

## JUMLAH

31

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

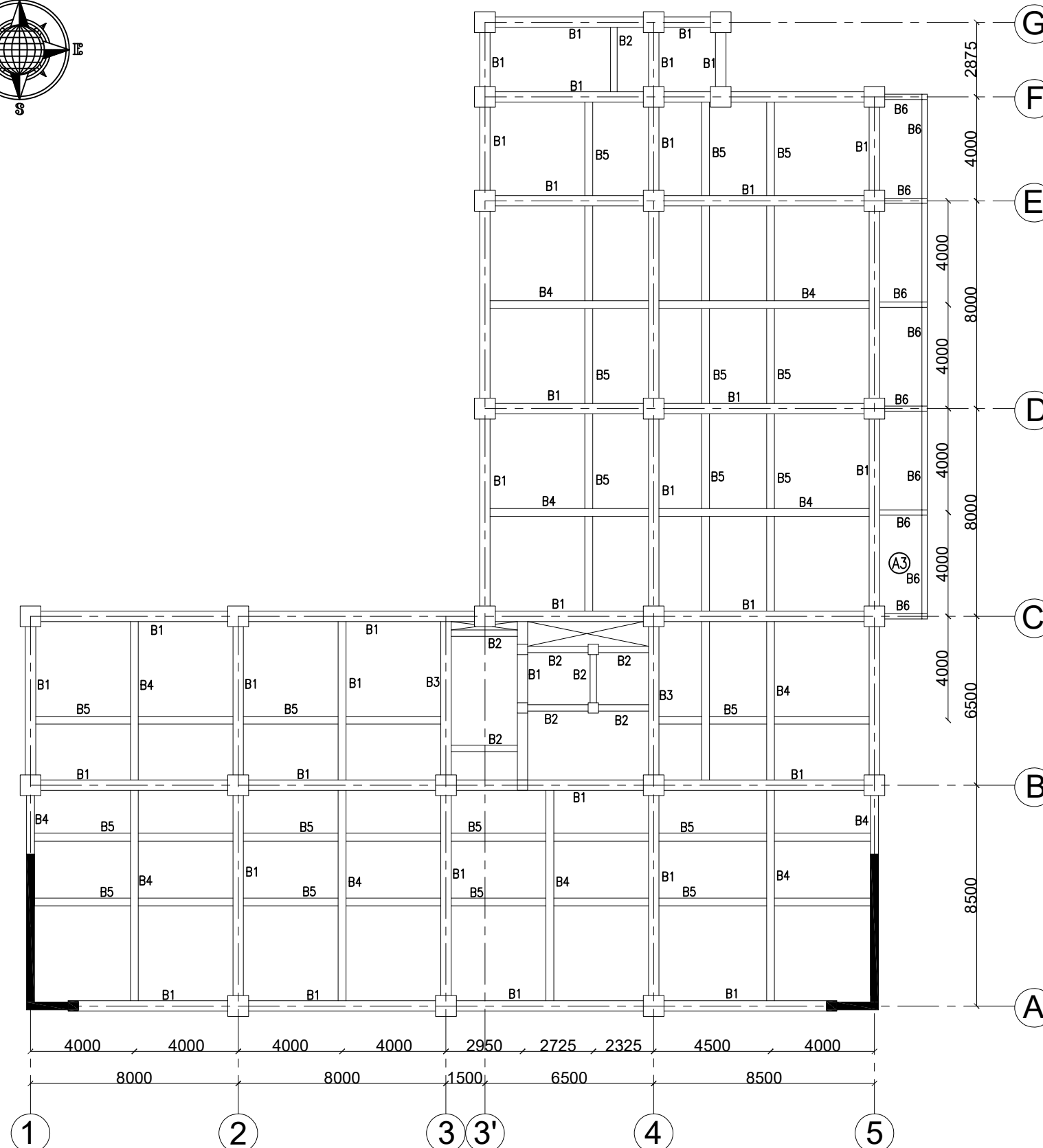
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

## JUMLAH

# 32

# 54



NO	TYPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	400 X 700
2	B2	250 X 450
3	B3	500 X 700
4	B4	300 X 600
5	B5	300 X 500
6	B6	200 X 300

32 DENAH BALOK LT.2 - LT.12  
ELEVASI +5.000 s/d +38.750 t=120 mm skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

**Ir. Srie Subekti, MT.**  
**NIP.19560520 198903 2 001**

### NAMA MAHASISWA

**KHOIRUNNISA CAHYA A**  
**NRP.3113041037**

### KETERANGAN

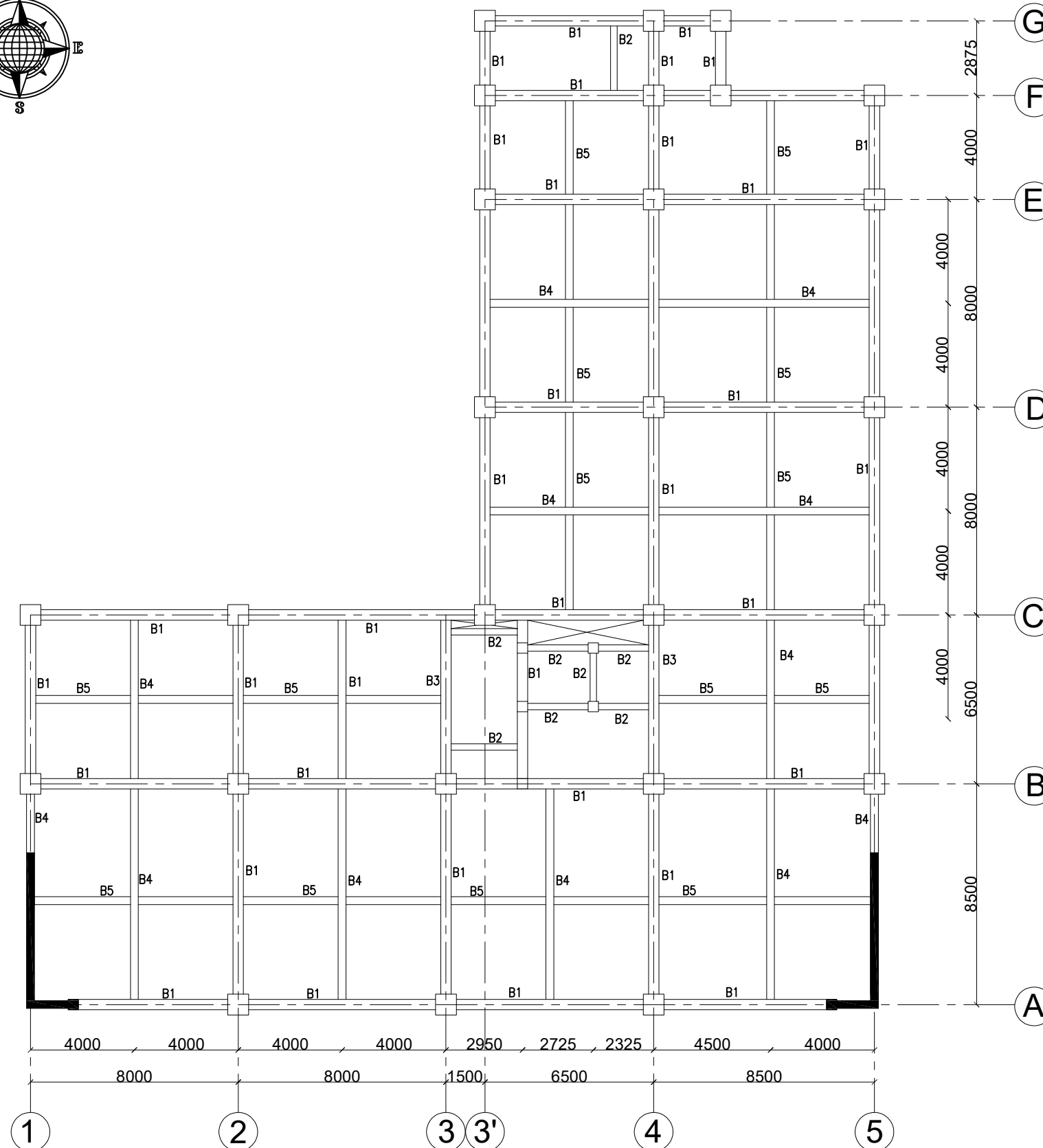
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

### NO

### JUMLAH

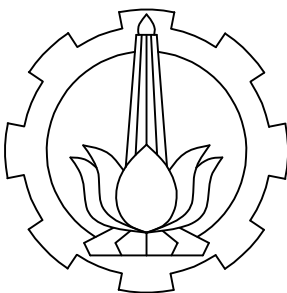
**33**

**54**



NO	TYPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	400 X 700
2	B2	250 X 450
3	B3	500 X 700
4	B4	300 X 600
5	B5	300 X 500

33 DENAH BALOK LT. ATAP  
ELEVASI +0.000 t = 150 mm skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

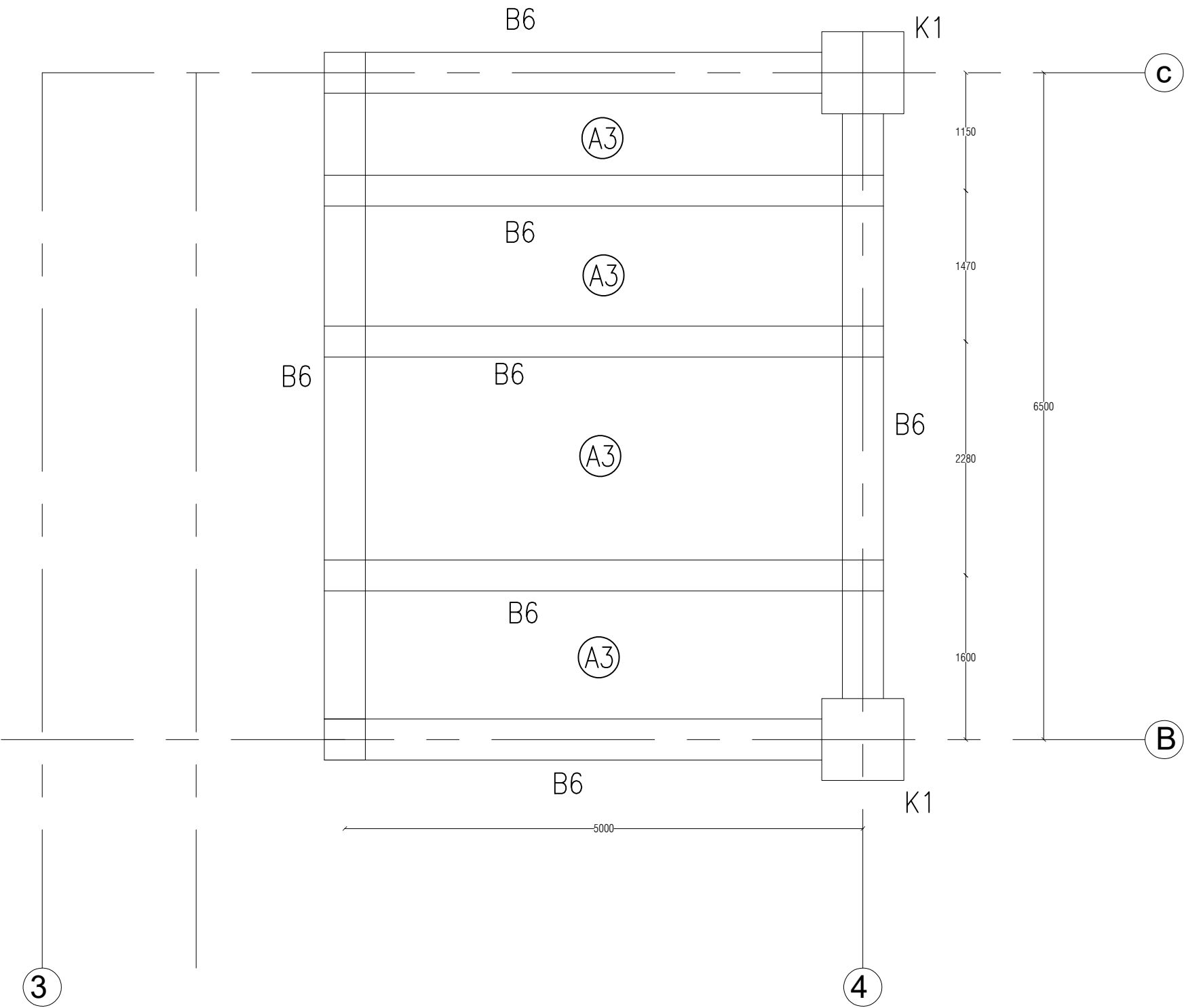
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

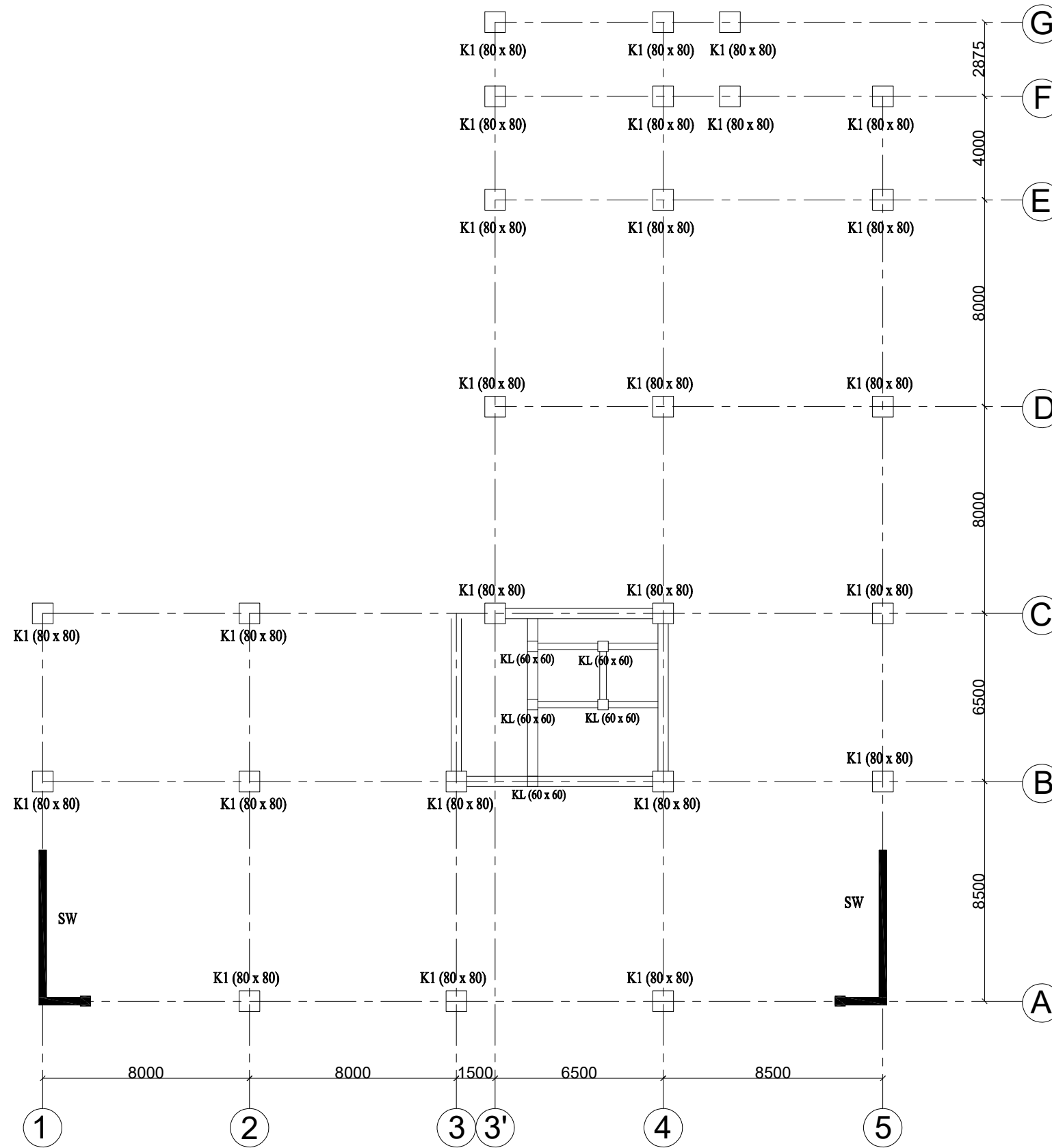
JUMLAH

34

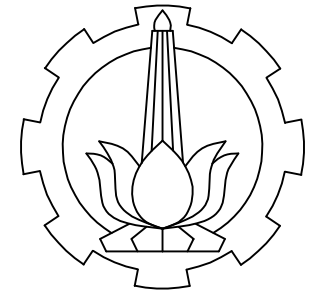
54



34 DENAH BALOK ATAP LIFT  
SKALA 1 : 50 ELEVASI +46.62 skala 1 : 50



35 DENAH KOLOM & SHEARWALL  
ELEVASI +0.00 s/d 42.00  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

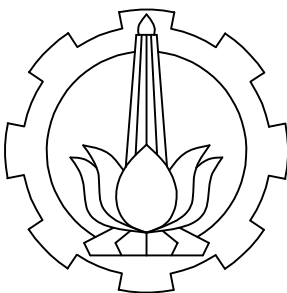
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

35

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

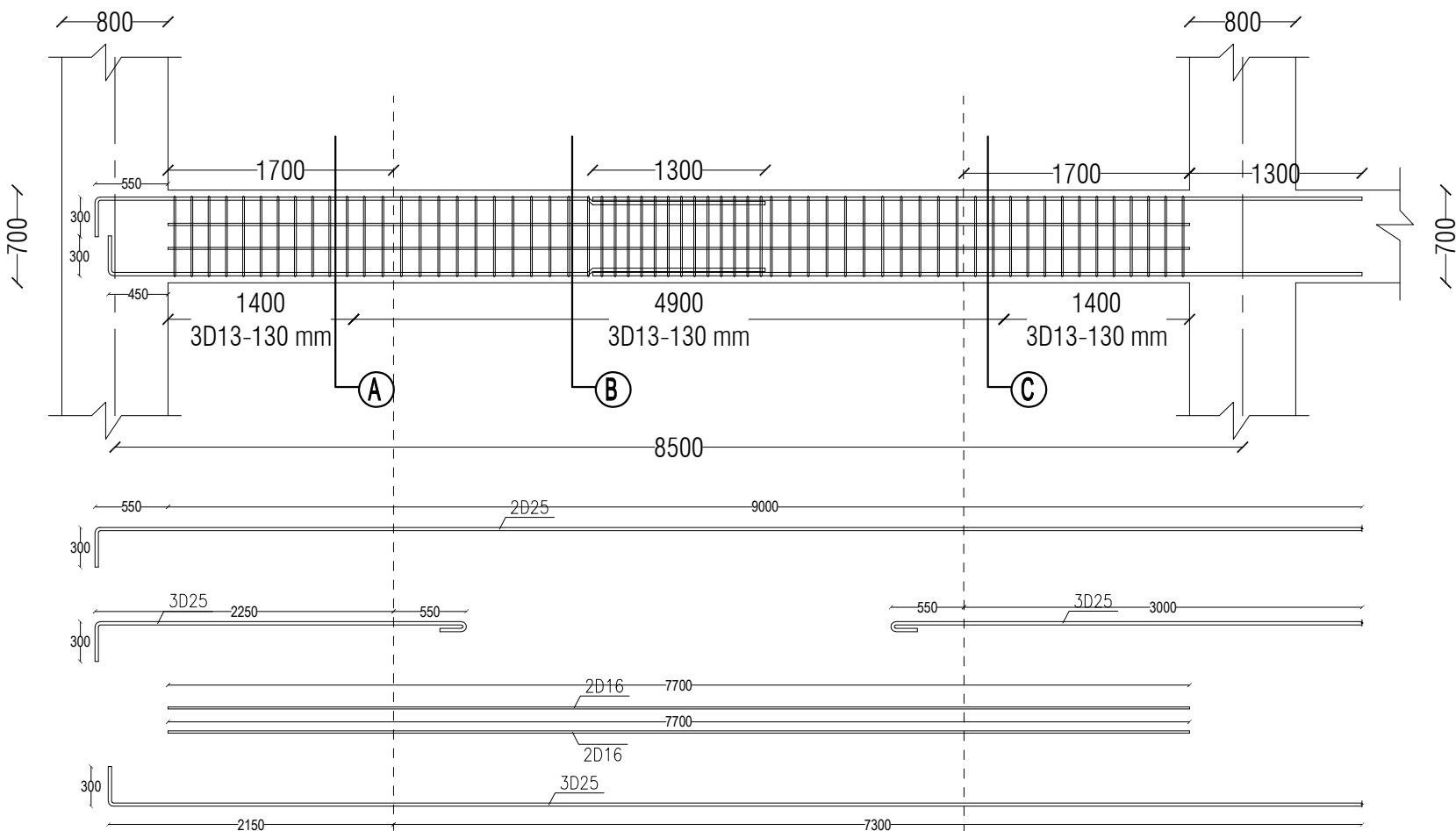
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

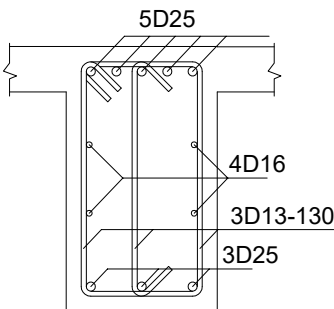
36

54

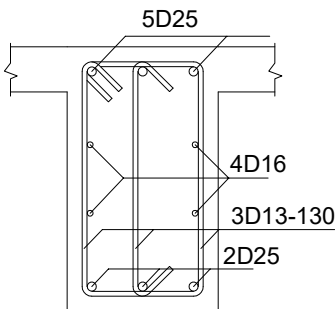


36 PENULANGAN BALOK (B1)  
skala 1 : 50

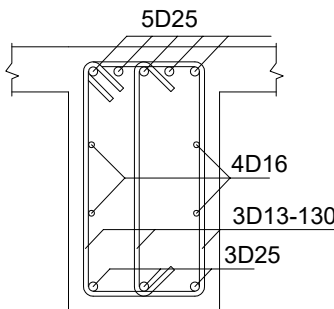
TIPE BALOK	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	3D13-130	3D13-130	3D13-130



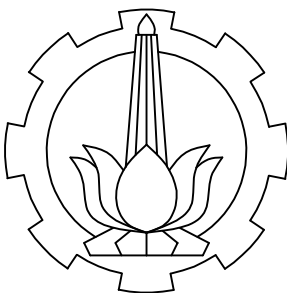
36 POTONGAN A-A  
skala 1 : 20



36 POTONGAN B-B  
skala 1 : 20



36 POTONGAN C-C  
skala 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

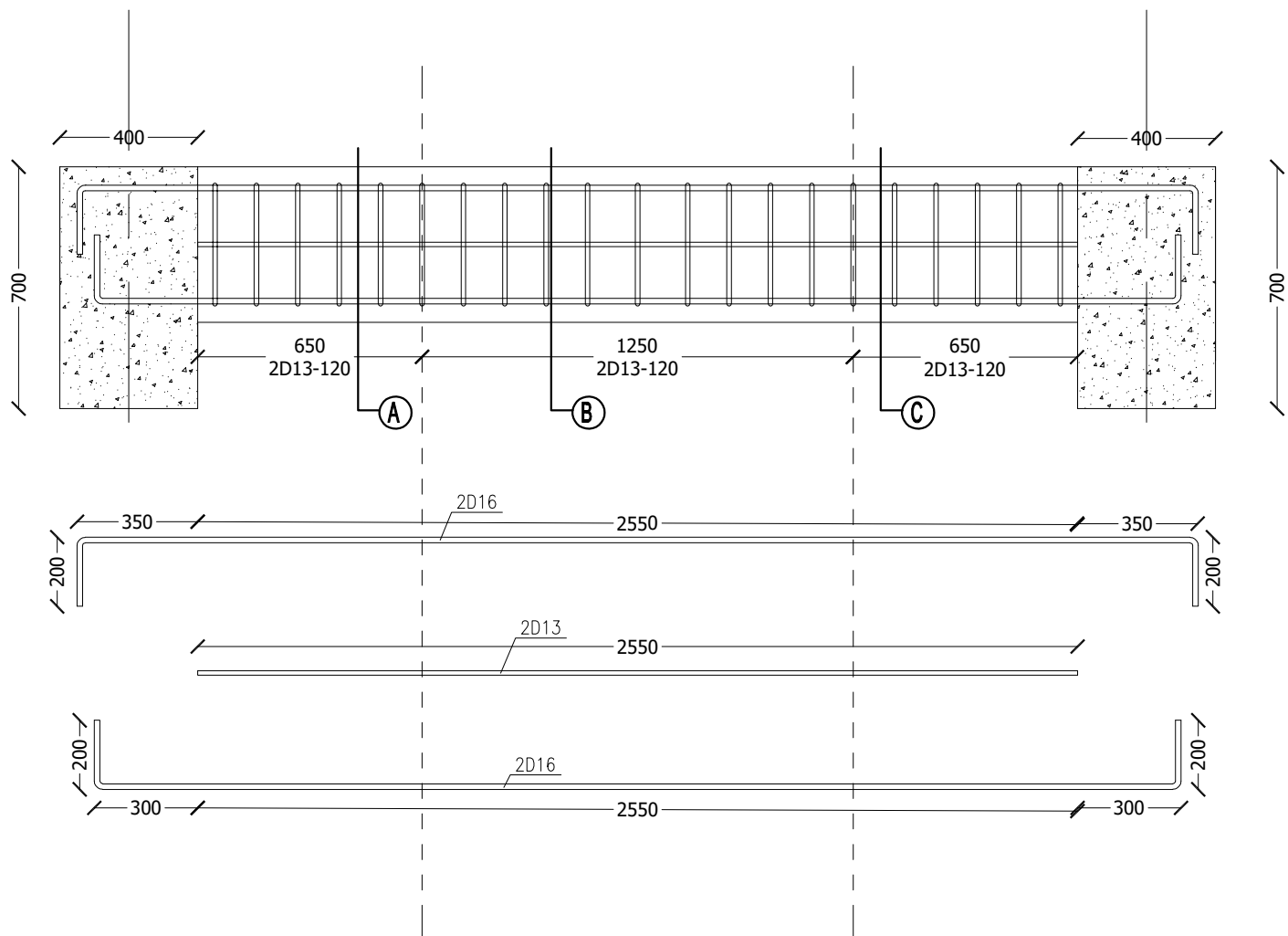
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

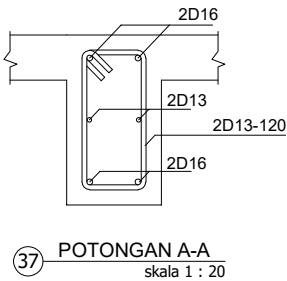
37

54

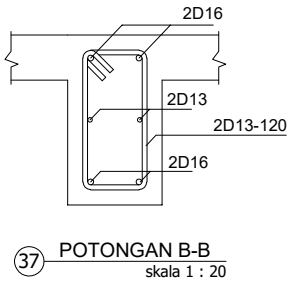


37 PENULANGAN BALOK (B2)  
skala 1 : 20

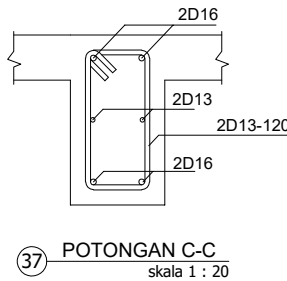
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B2) 250 X 450		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	2 D 16	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 16	2 D 16	2 D 16
SENGKANG	2D13-120	2D13-120	2D13-120



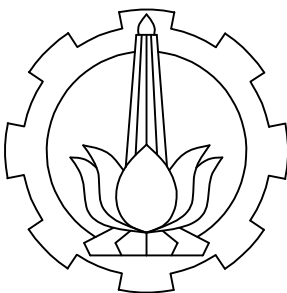
37 POTONGAN A-A  
skala 1 : 20



37 POTONGAN B-B  
skala 1 : 20



37 POTONGAN C-C  
skala 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

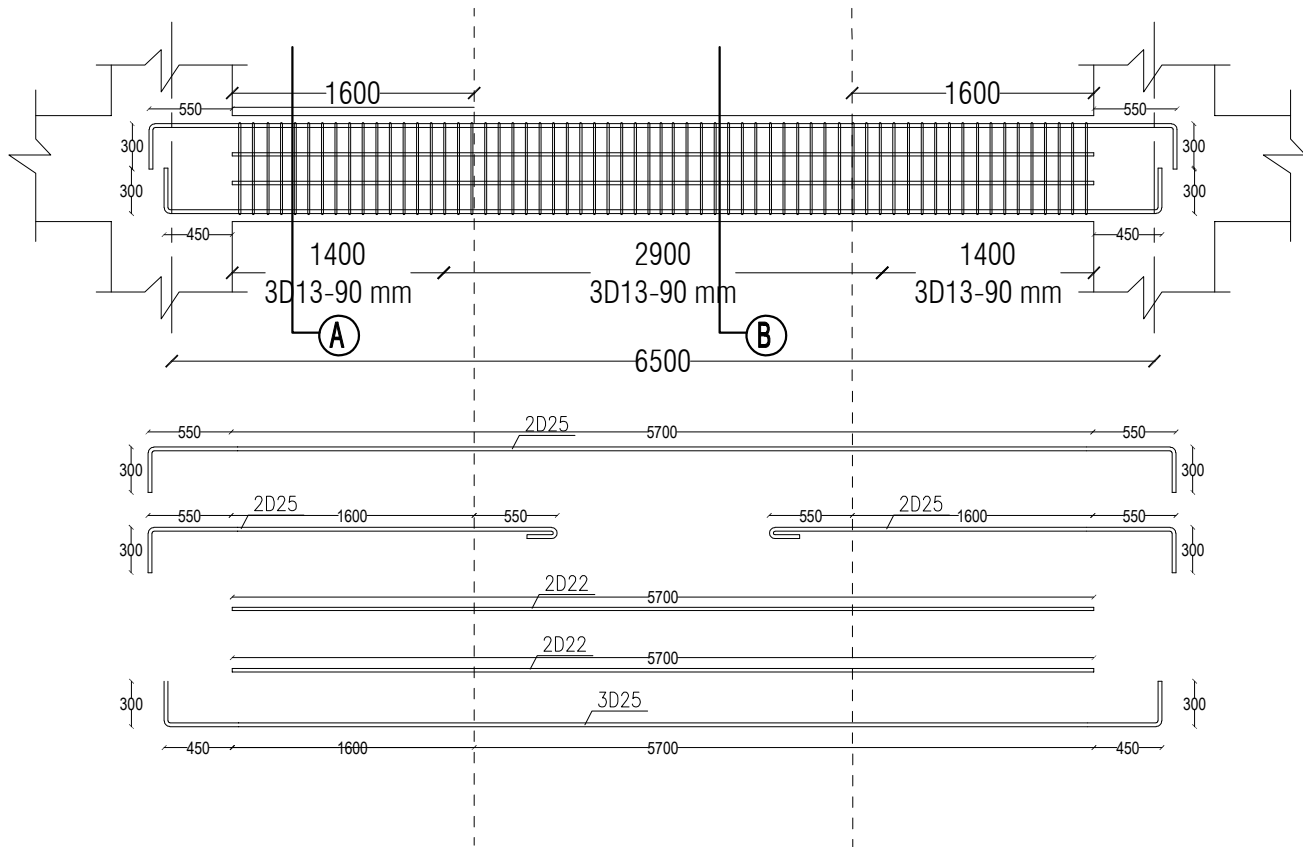
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

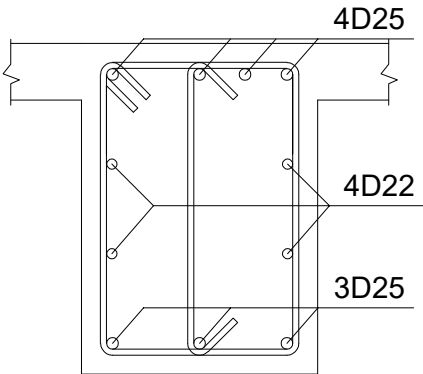
38

54

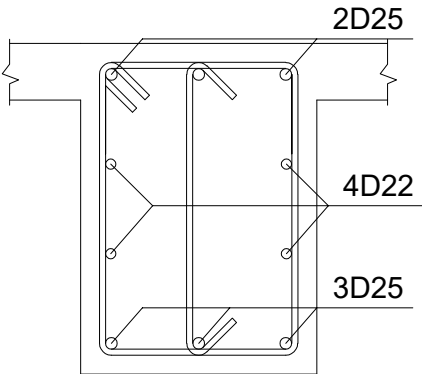


38 PENULANGAN BALOK (B3)  
skala 1 : 50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B3) 500 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	3D13-90	3D13-90	3D13-90

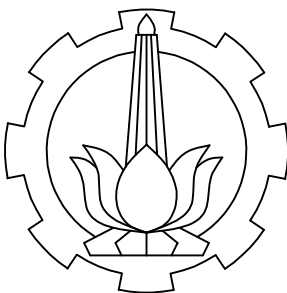


38 POTONGAN A-A  
skala 1 : 20



38 POTONGAN B-B  
skala 1 : 20





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

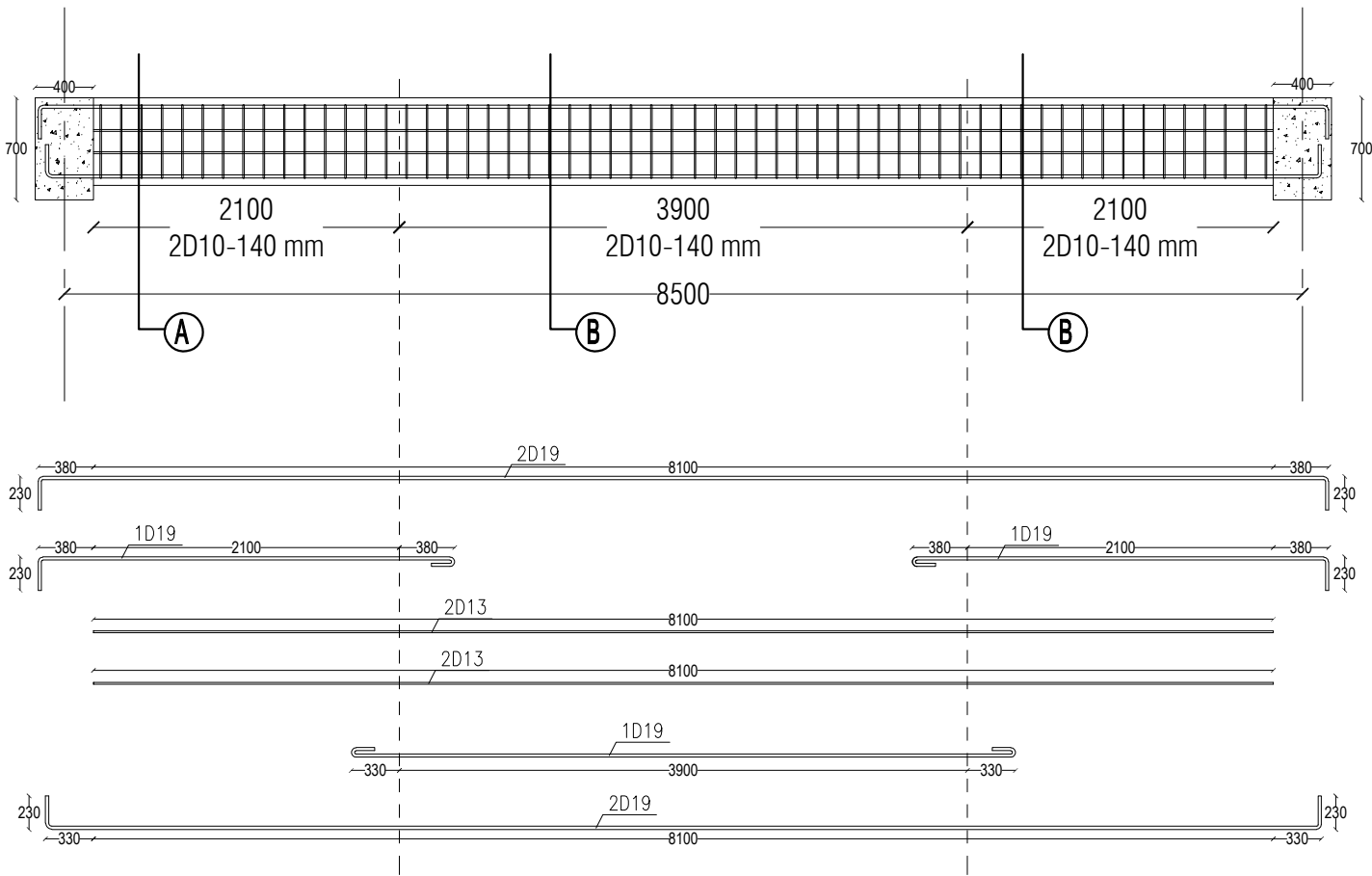
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

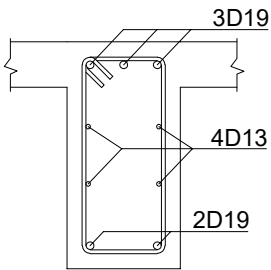
39

54

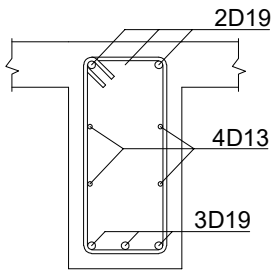


39 PENULANGAN BALOK (B4)  
skala 1 : 50

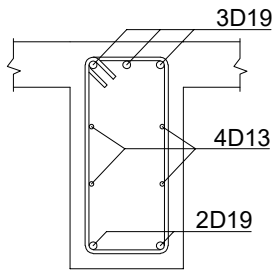
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B4) 300 X 600		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	3 D 19	2 D 19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140	2D10-140



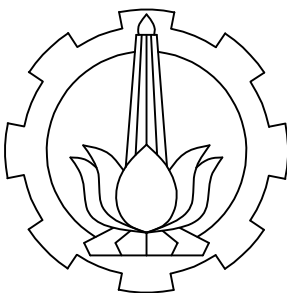
39 POTONGAN A-A  
skala 1 : 20



39 POTONGAN B-B  
skala 1 : 20



39 POTONGAN C-C  
skala 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

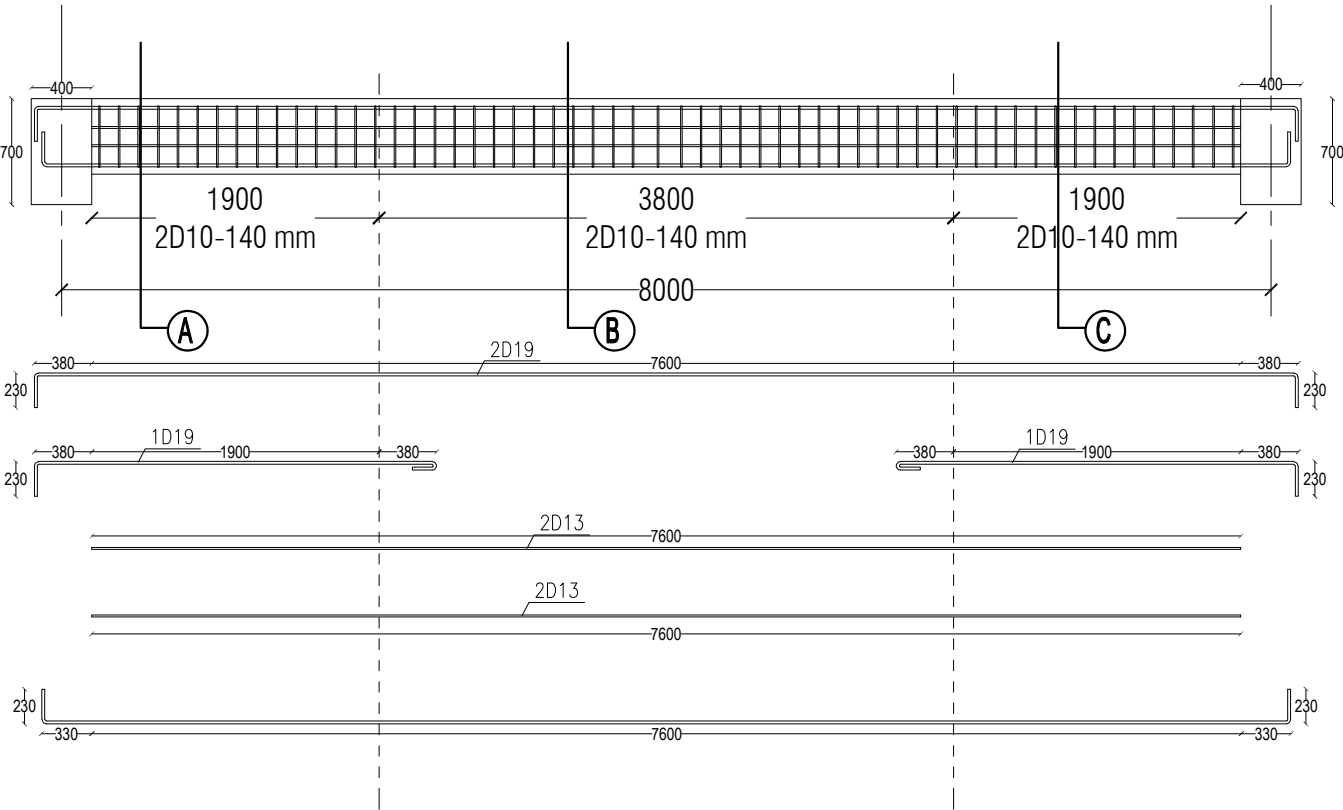
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

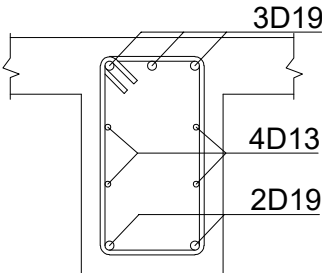
40

54

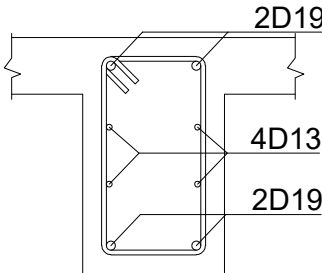


40 PENULANGAN BALOK (B5)  
skala 1 : 50

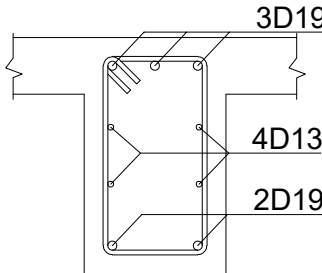
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B5) 300 X 500		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	2D10-130	2D10-130	2D10-130



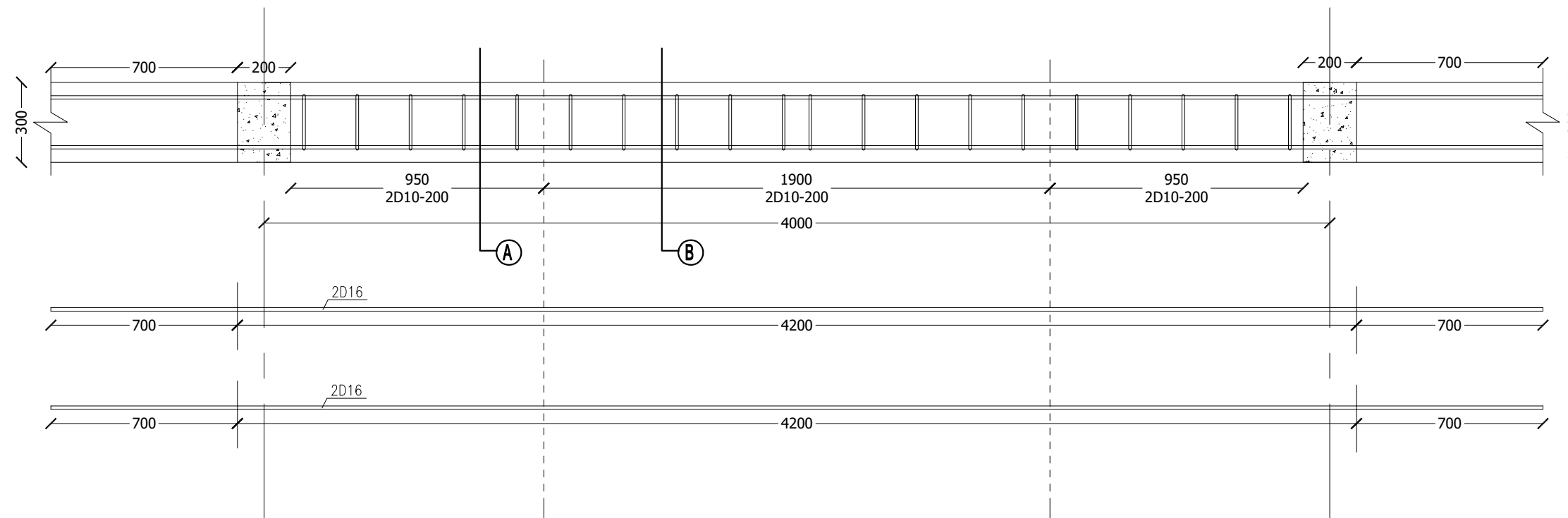
40 POTONGAN A-A  
skala 1 : 20



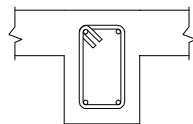
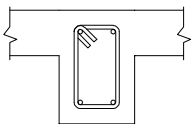
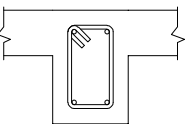
40 POTONGAN B-B  
skala 1 : 20

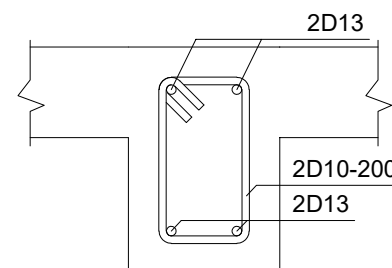


40 POTONGAN C-C  
skala 1 : 20

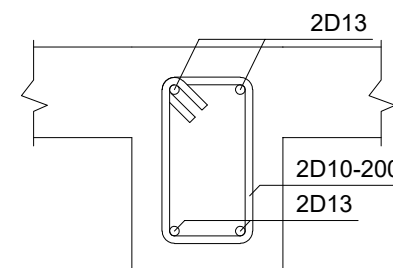


41 PENULANGAN BALOK KANTILEVER (B6)  
skala 1 : 20

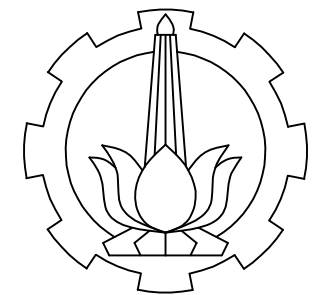
TIPE BALOK	BALOK KANTILEVER (B6) 200 X 300		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BAGIAN			
TULANGAN ATAS	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TULANGAN BAWAH	2 D 13	2 D 13	2 D 13
SENGKANG	2D10-200	2D10-200	2D10-200



41 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



41 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

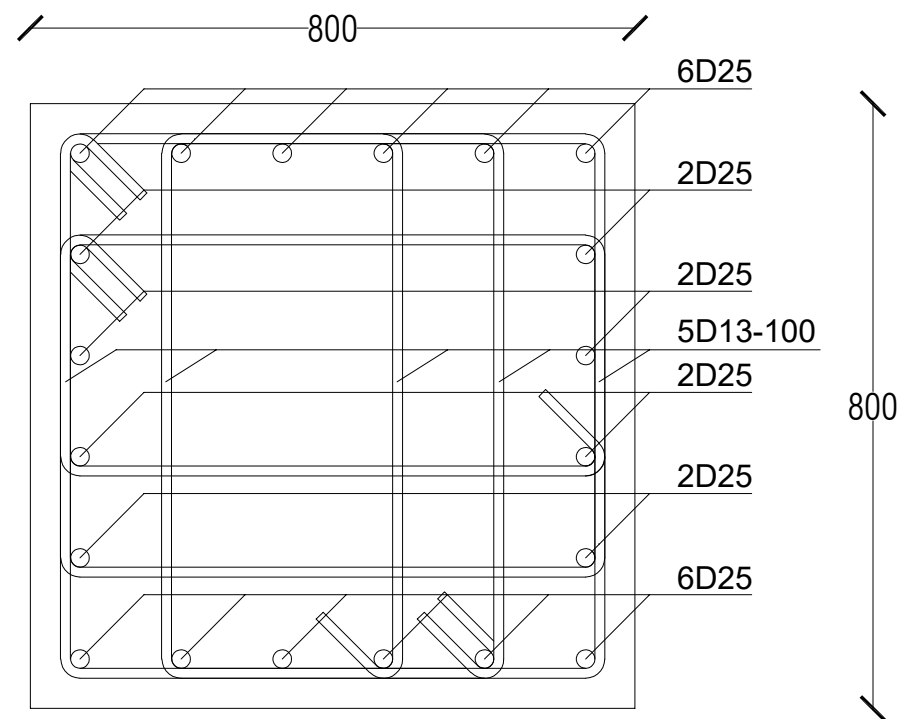
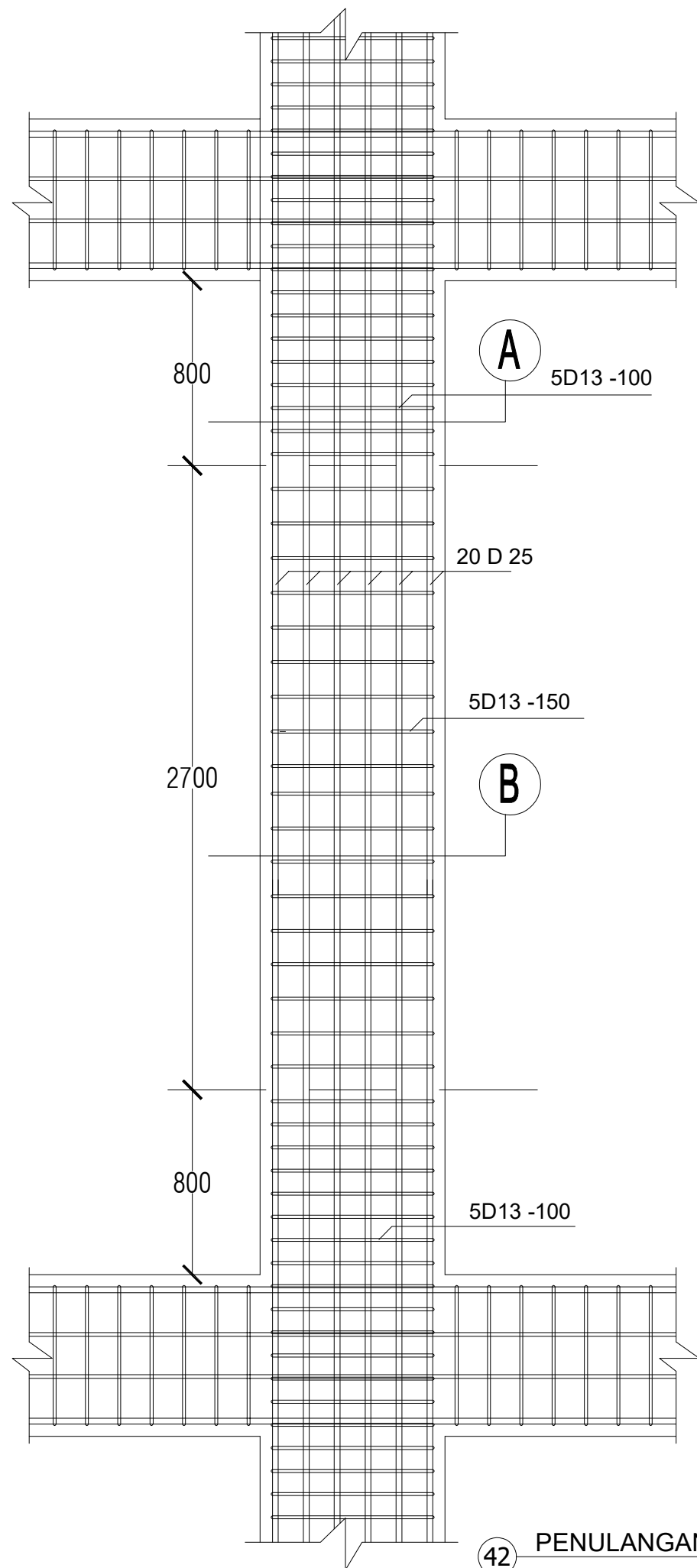
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

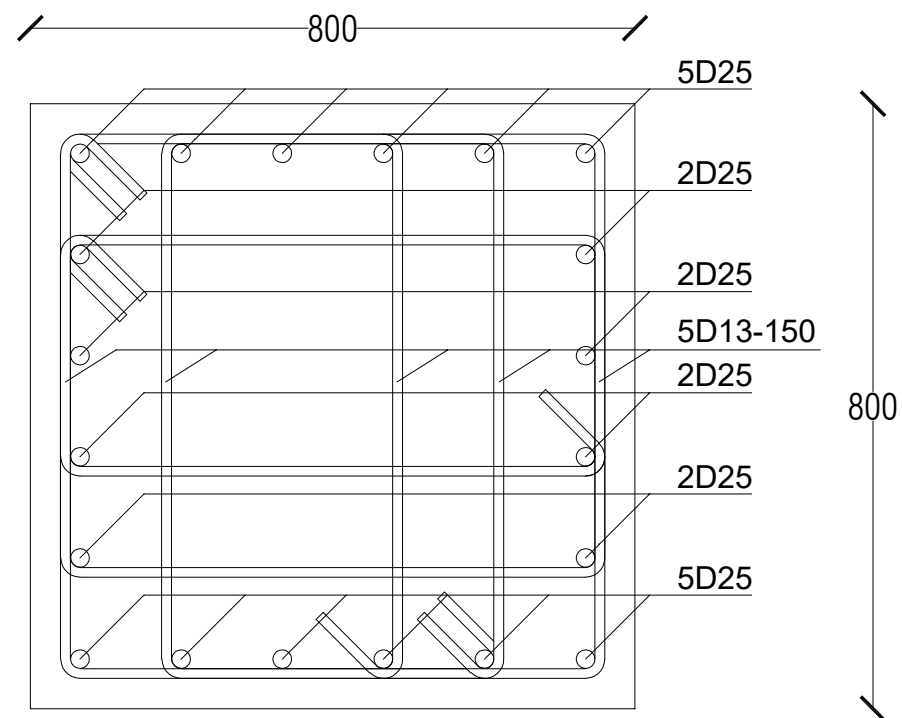
JUMLAH

41

54



42 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



42 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10

42 PENULANGAN K1 As 2-B (+0.00 s/d +5.00)  
skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

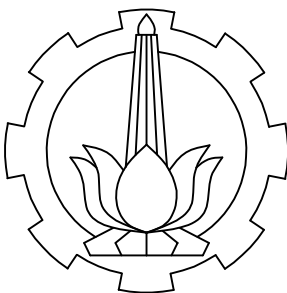
## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO	JUMLAH
42	54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

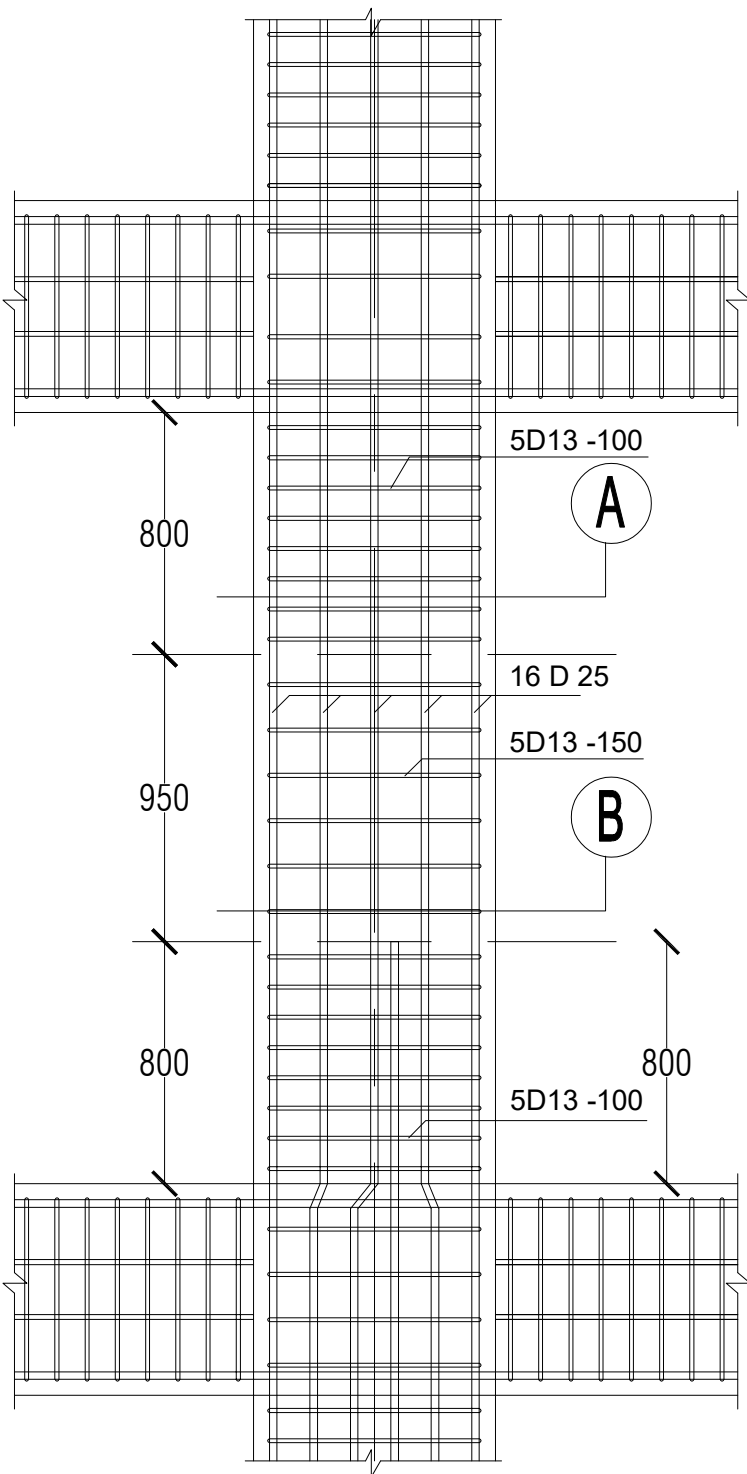
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

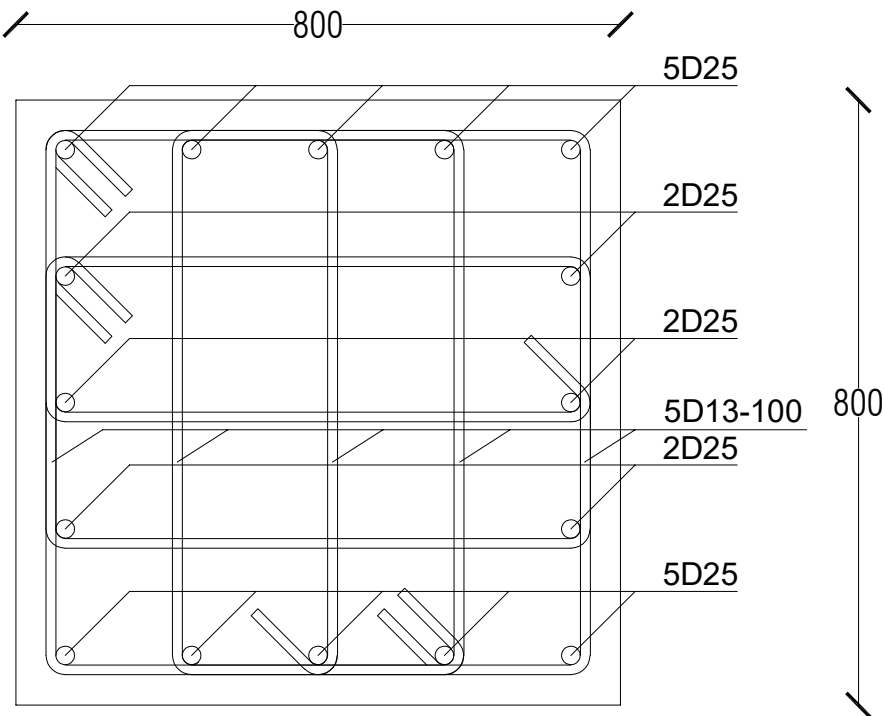
JUMLAH

43

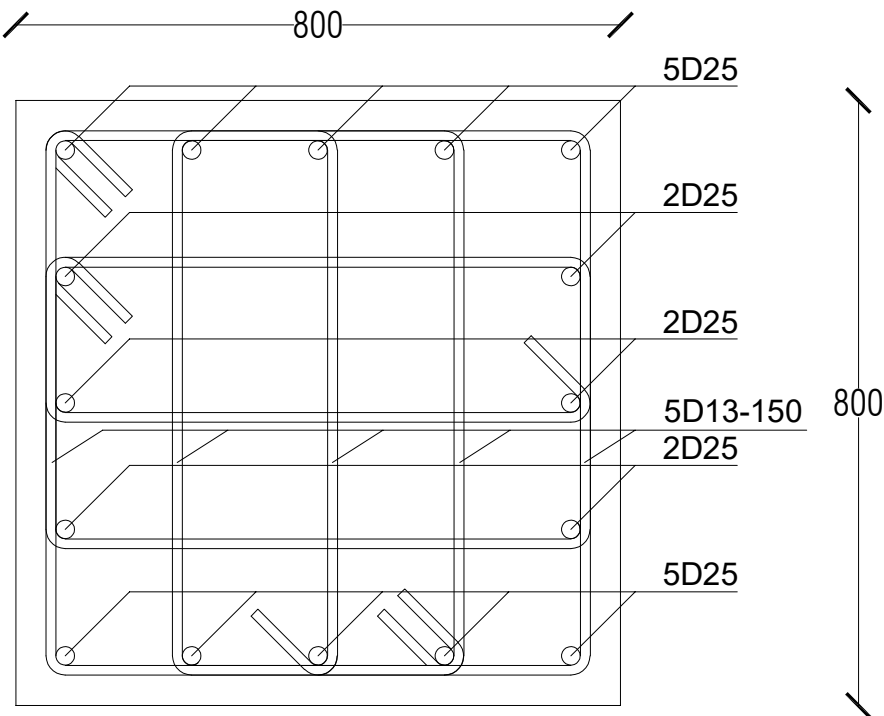
54



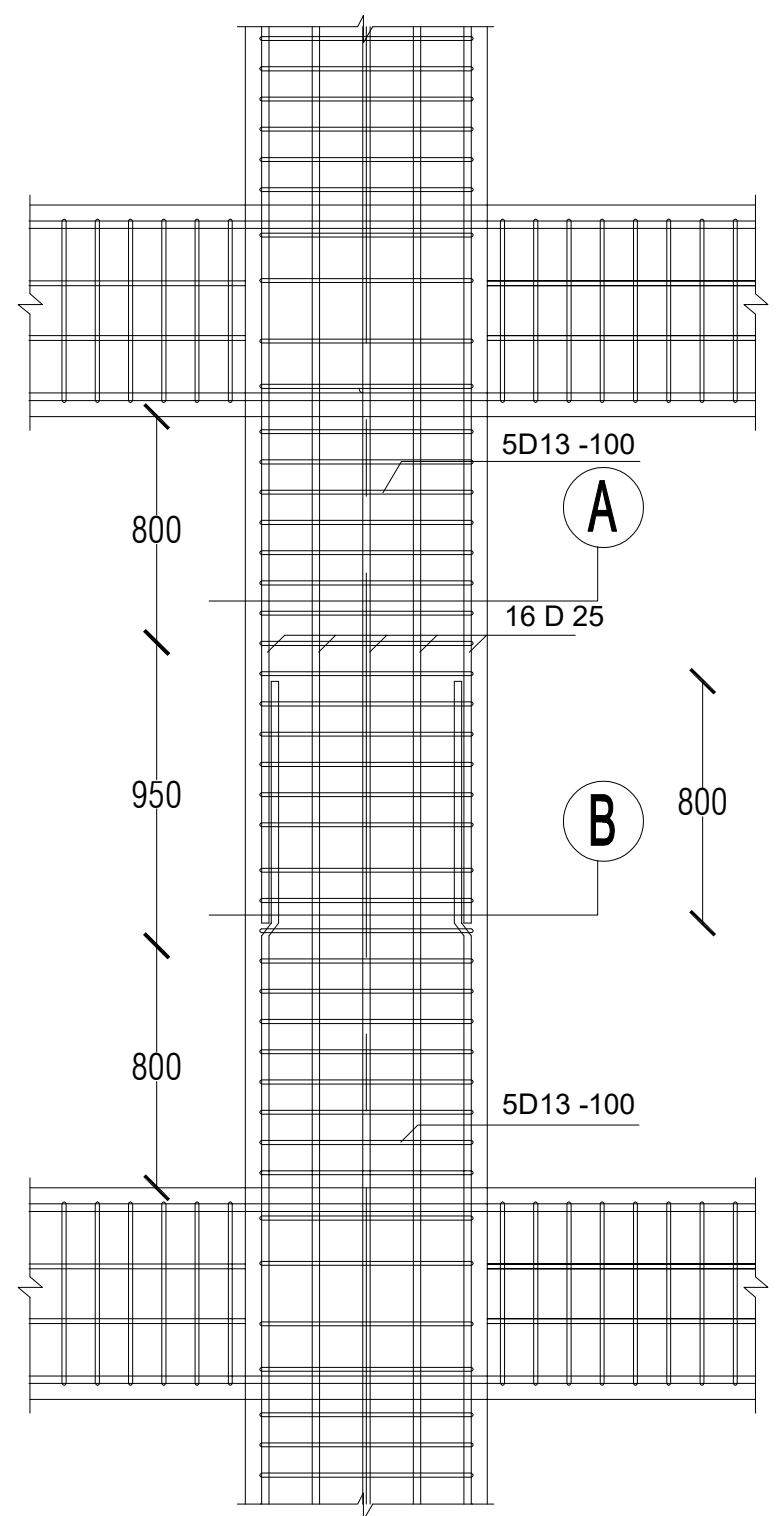
43 PENULANGAN K1 As 2-B (+9.50 s/d +12.75)  
skala 1 : 25



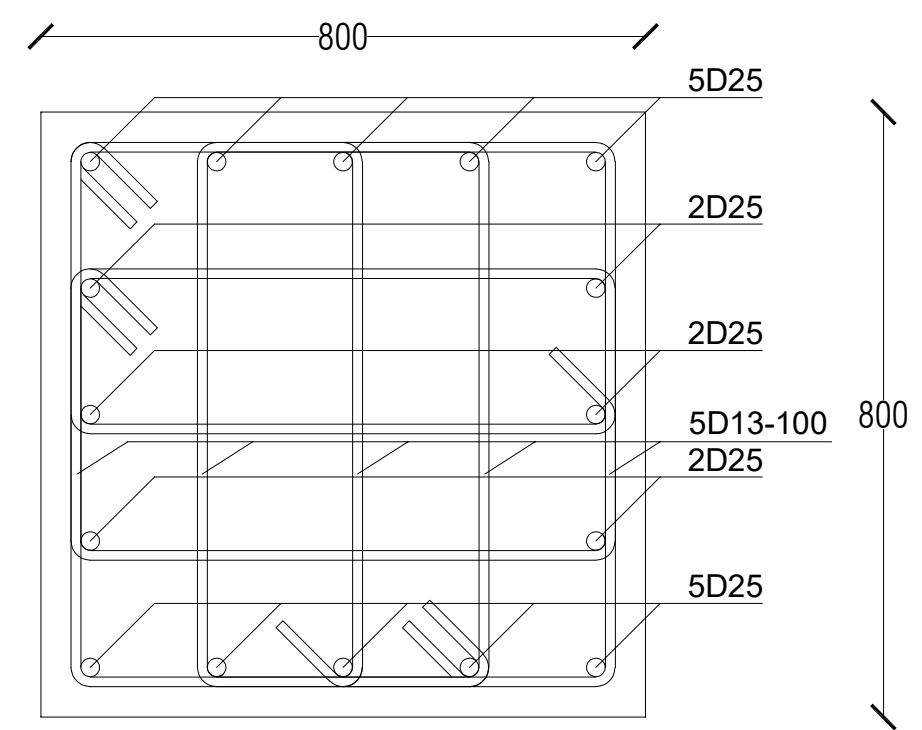
43 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



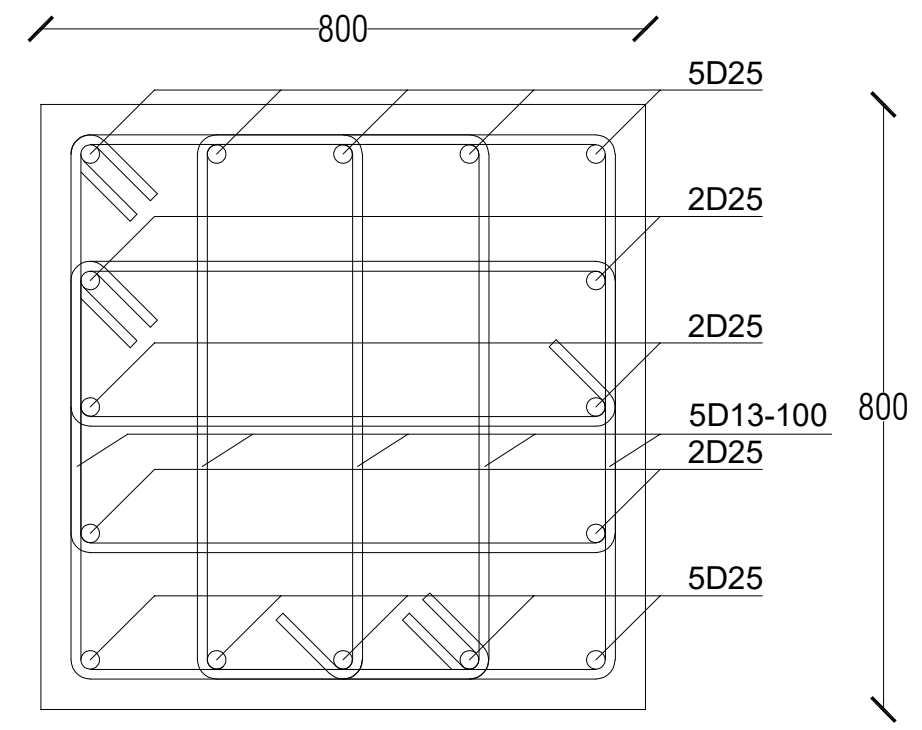
43 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10



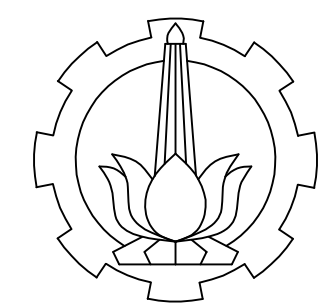
44 PENULANGAN K1 As 2-B (+25.75 s/d +29.00)  
skala 1 : 25



44 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



44 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (DUAL SYSTEM) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

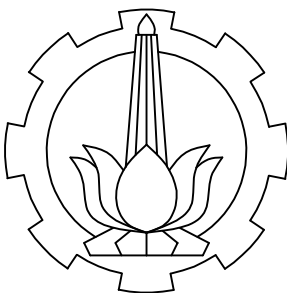
NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO	JUMLAH
44	54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

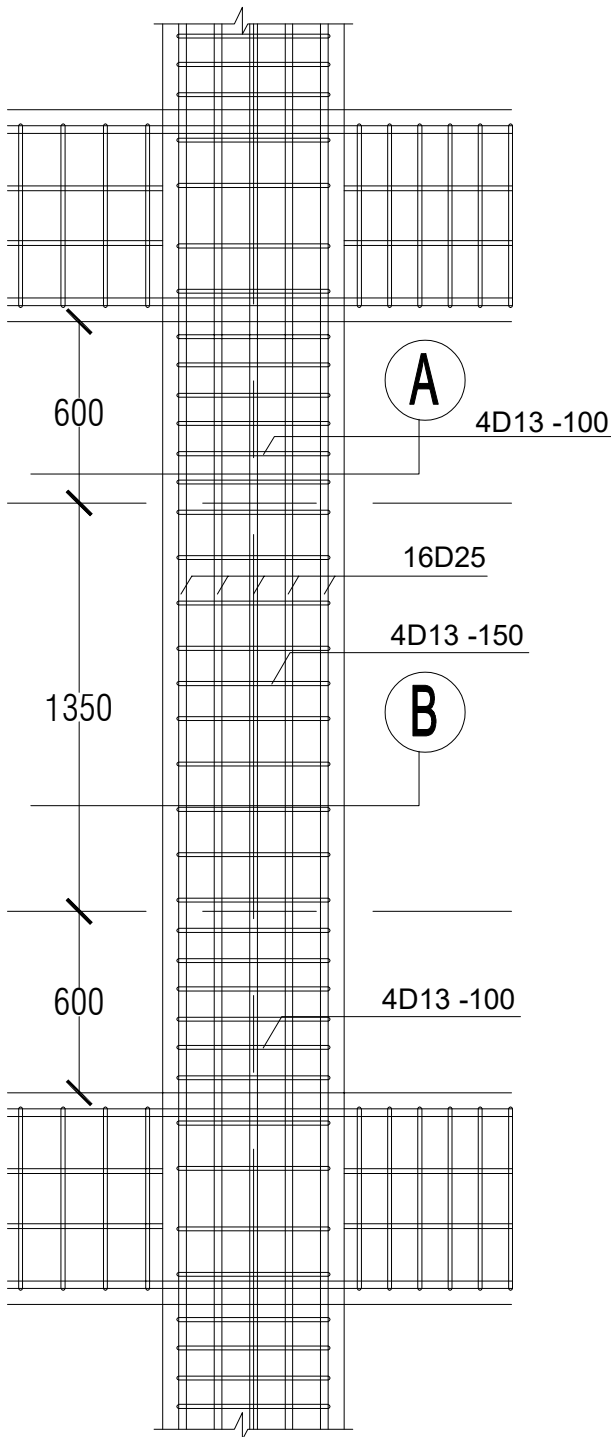
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

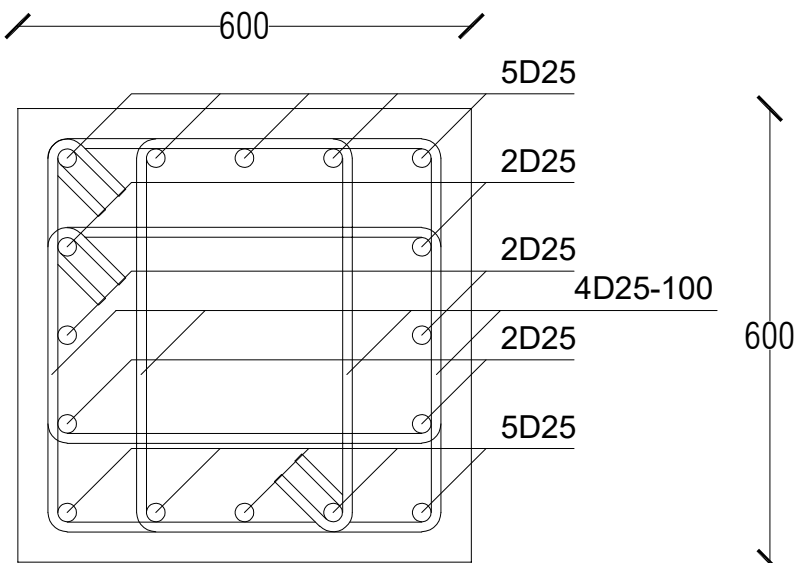
JUMLAH

45

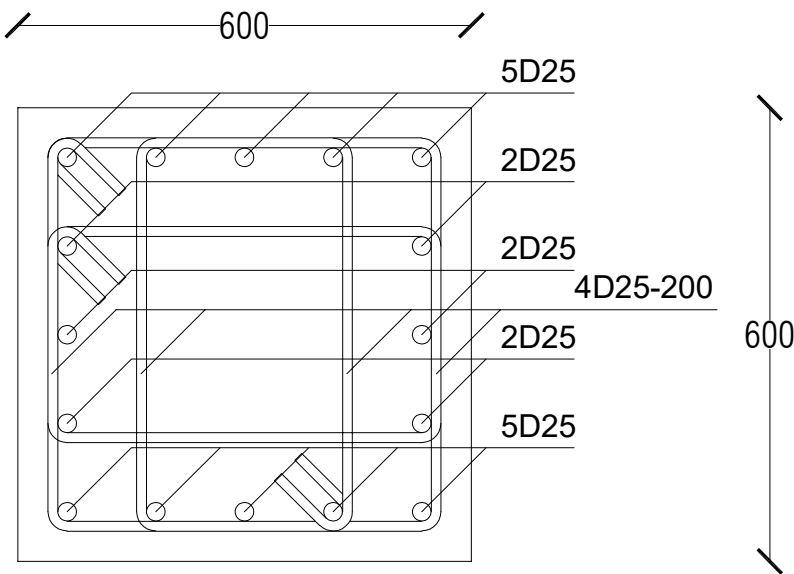
54



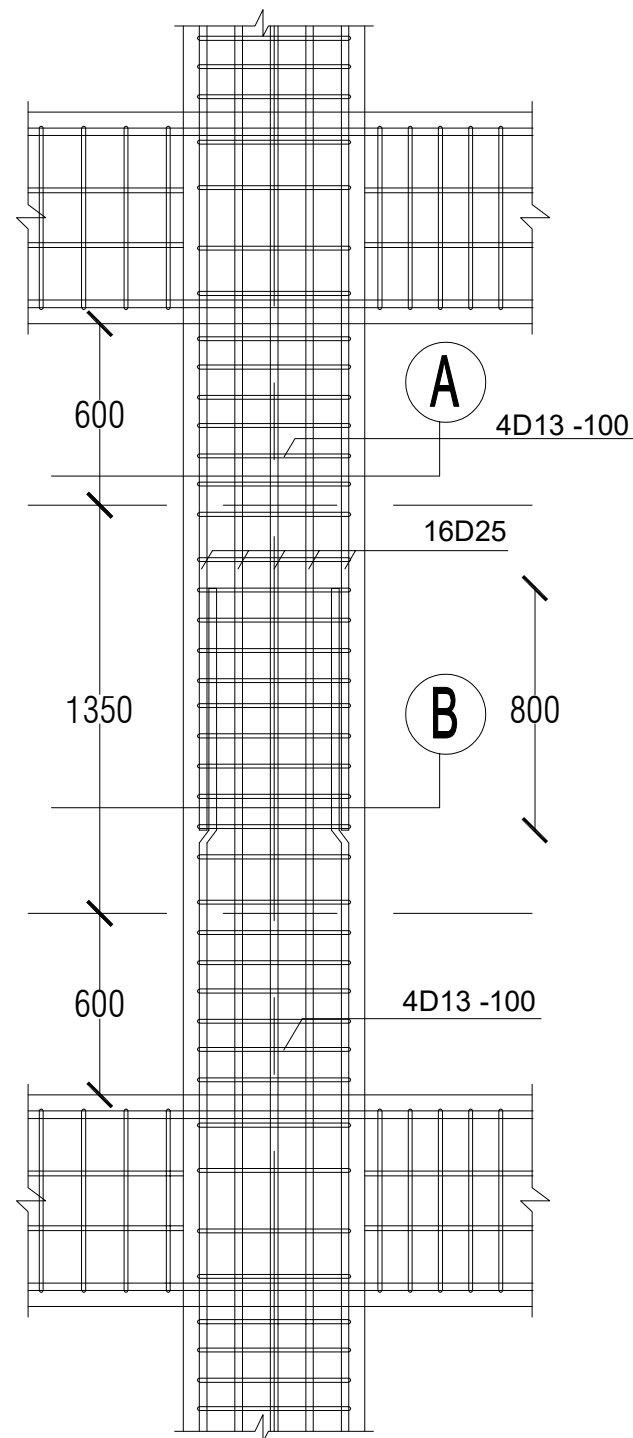
45 PENULANGAN KOLOM LIFT (+19.25 s/d +22.50)  
skala 1 : 25



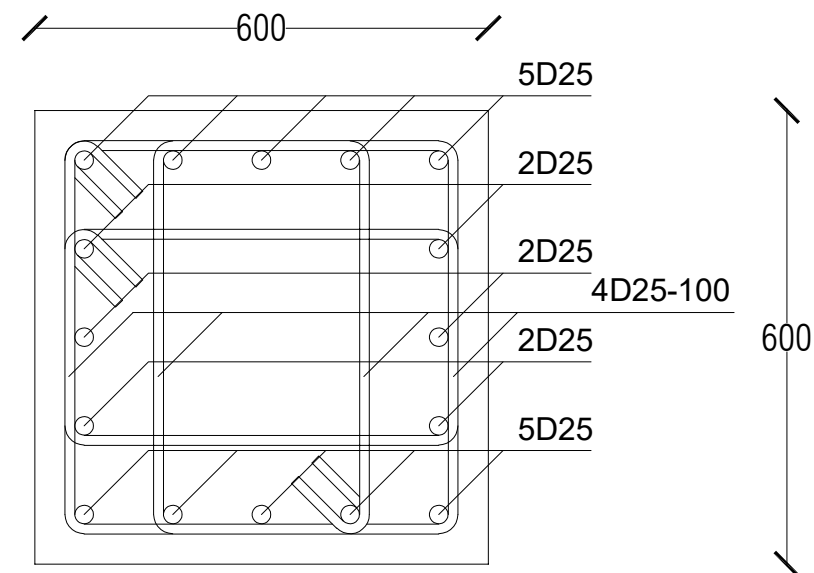
45 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



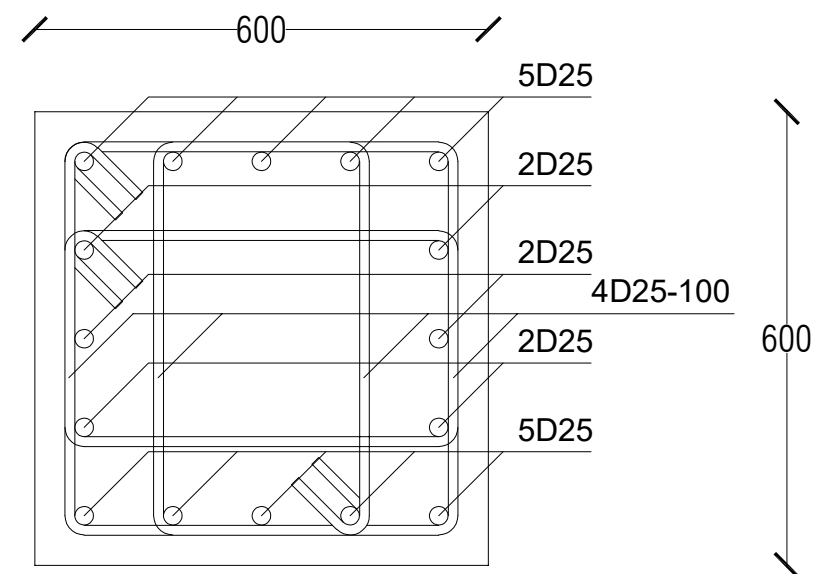
45 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10



46 PENULANGAN KOLOM LIFT (+25.75 s/d +29.00)  
skala 1 : 25



46 POTONGAN A-A  
skala 1 : 10



46 POTONGAN B-B  
skala 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

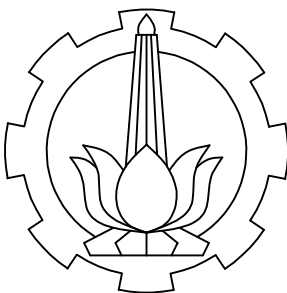
NO

JUMLAH

46

54





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

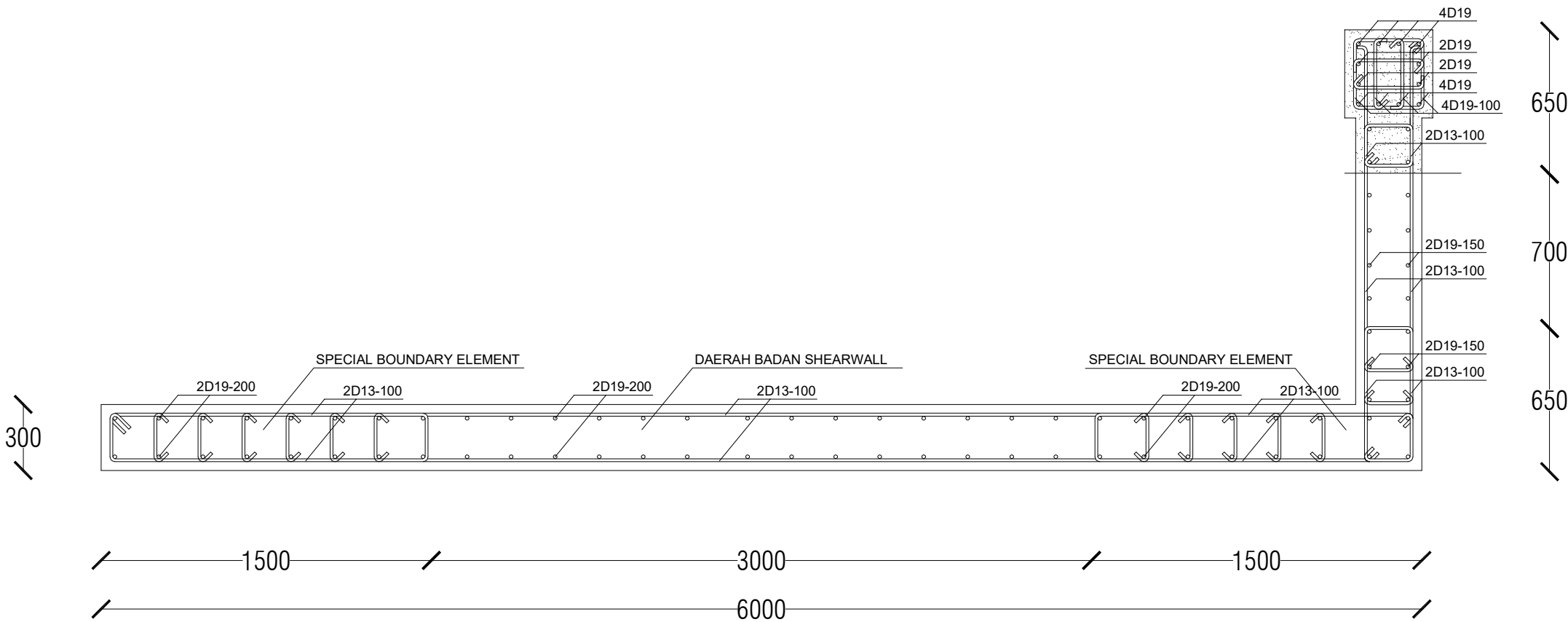
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

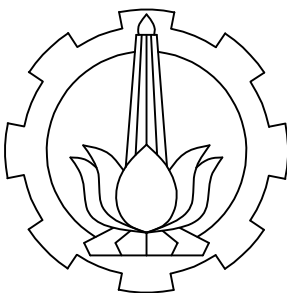
JUMLAH

47

54



47 TYPICAL PENULANGAN SHEARWALL LT.1 - 12  
skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

KETERANGAN

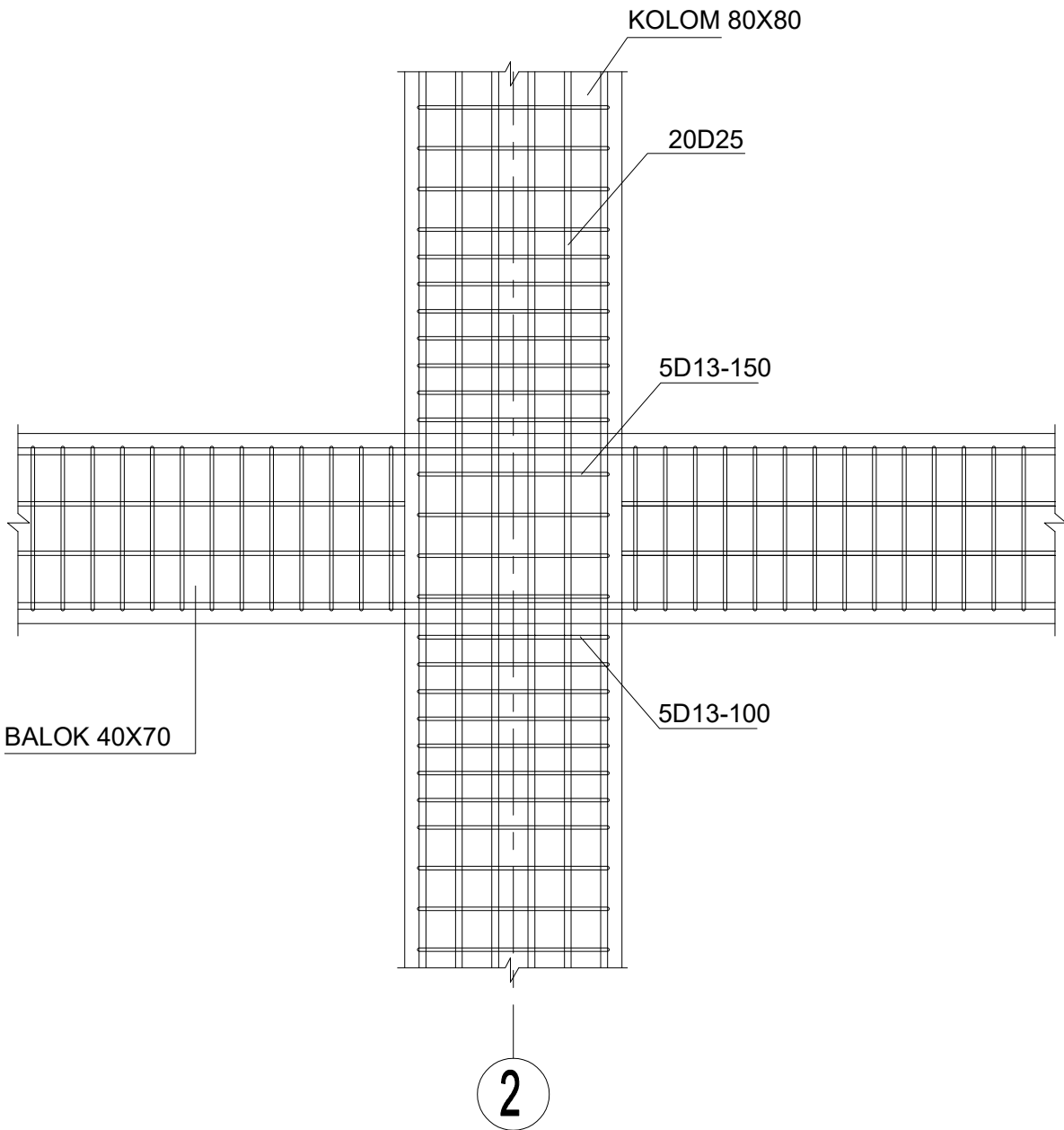
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

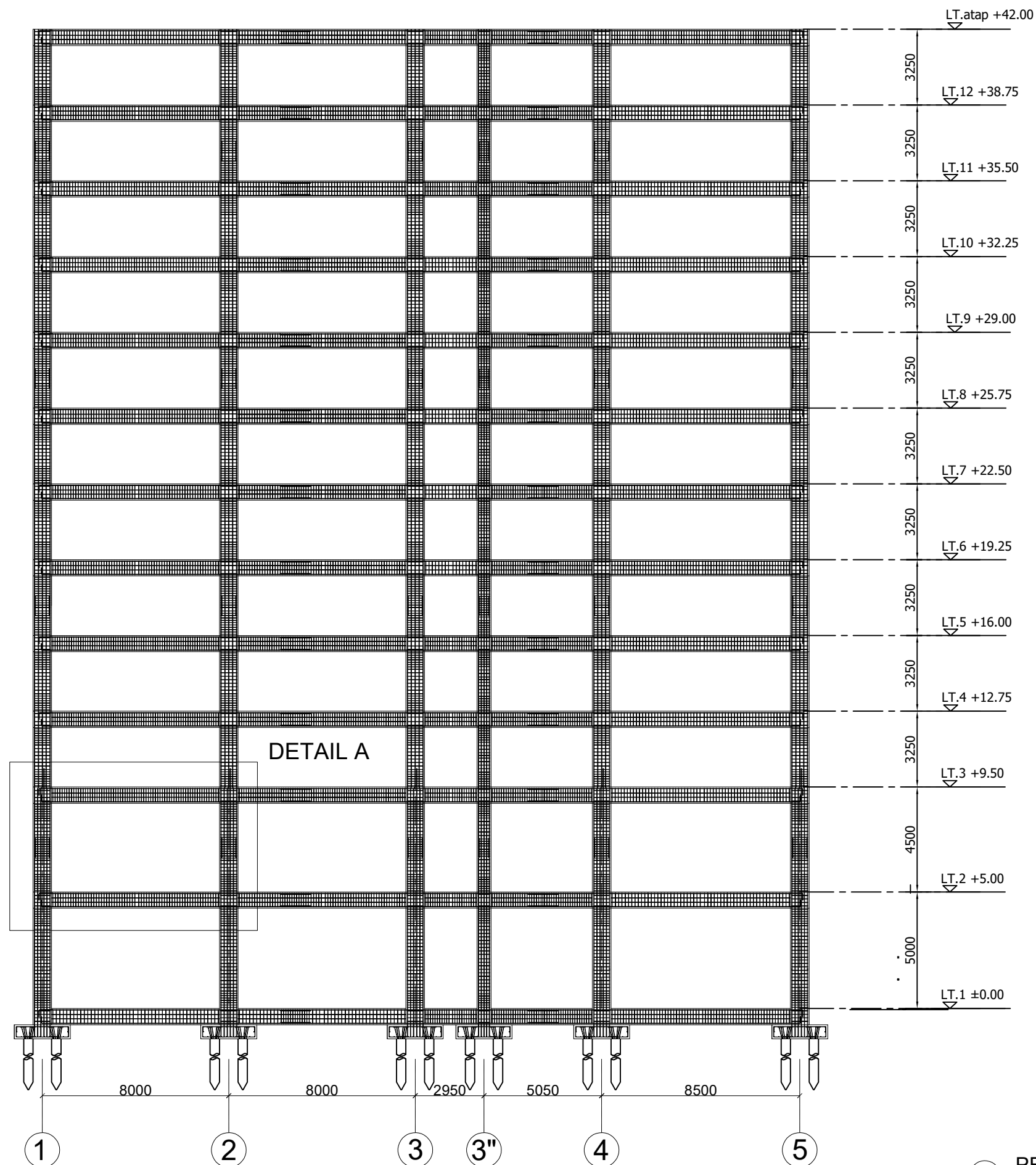
JUMLAH

48

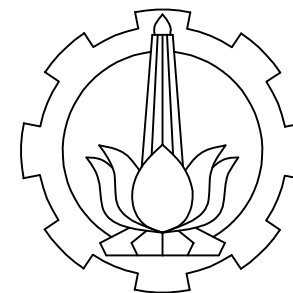
54



DETAIL HUBUNGAN BALOK - KOLOM As 2-B  
skala 1 : 25



49 PENULANGAN PORTAL X-Z  
skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

### JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

### KETERANGAN

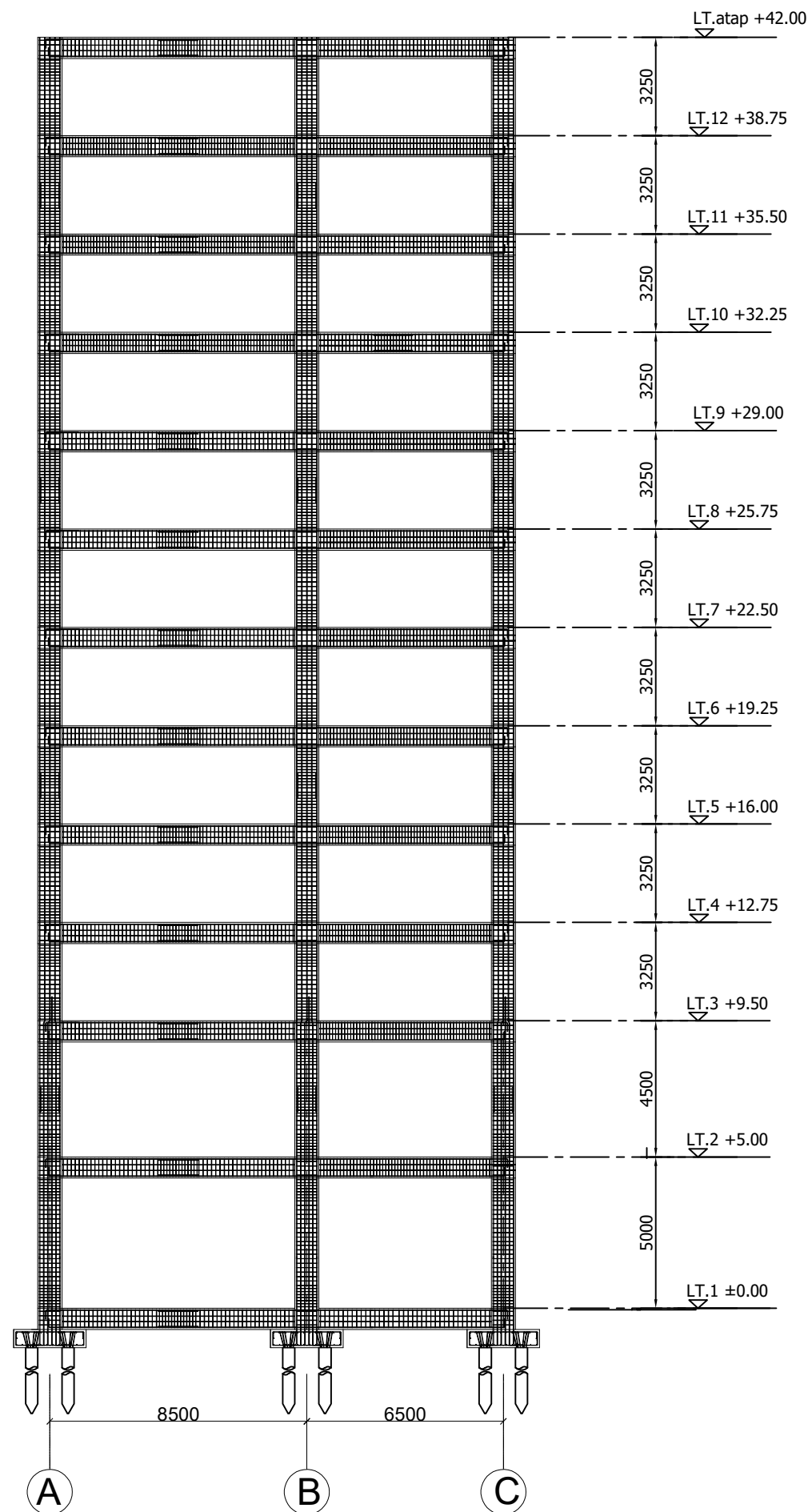
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

### NO

### JUMLAH

49

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN HOTEL UNTUK DIBANGUN DI  
SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DAN  
METODE PELAKSANAAN BALOK DAN  
PLAT LANTAI

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.  
NIP.19560520 198903 2 001

## NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
NRP.3113041037

## KETERANGAN

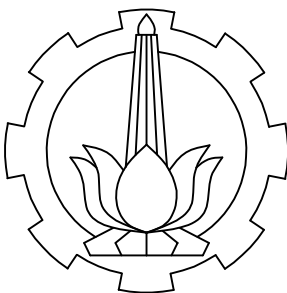
FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

## NO

50

## JUMLAH

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

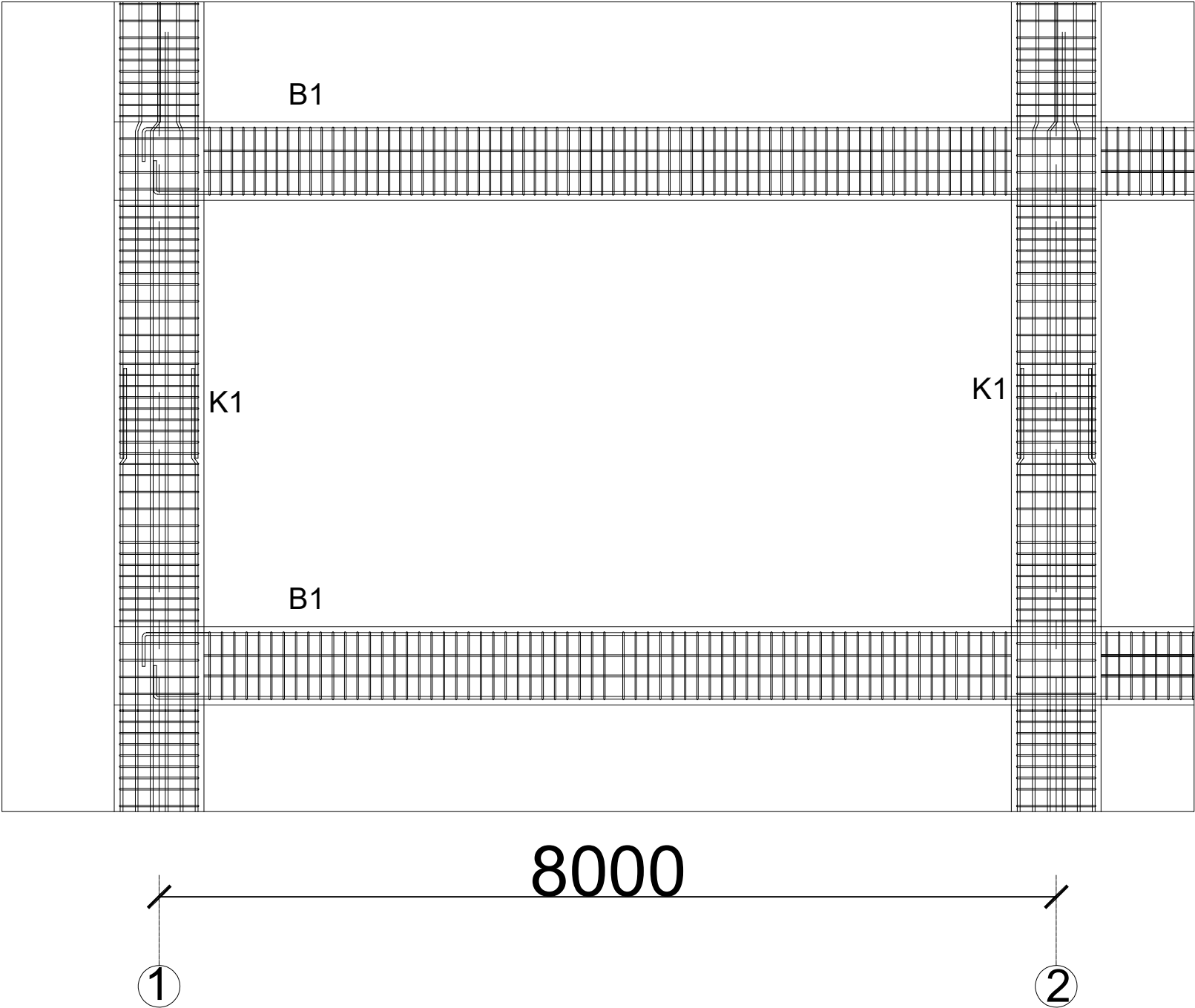
NO

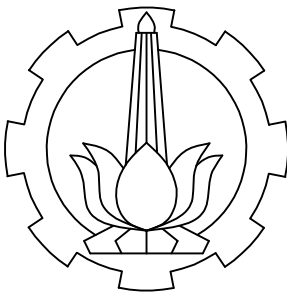
JUMLAH

51

54

DETAIL A





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

52

54

TYPE KOLOM LANTAI	K1	
LANTAI 1 - 2 s / d LANTAI 3 - 4		
DIMENSI	800 x 800	800 x 800
TUL. UTAMA	20 D 25	20 D 25
TUL. SENGKANG	5D13 - 100	5D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN

TYPE KOLOM LANTAI	K1	
LANTAI 5 - 6 s / d LANTAI 11 - 12		
DIMENSI	800 x 800	800 x 800
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	5D13 - 100	5D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN

TYPE KOLOM LANTAI	KL	
LANTAI 1 - 2 s / d LANTAI 11 - 12		
DIMENSI	600 x 800	600 x 800
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

### KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

53

54

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. ATAP			
BENTANG	8,5 meter		
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25	4 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-130	2D13-130	2D13-130

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 10 - LT. 12			
BENTANG	8,5 meter		
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 2 - LT. 9			
BENTANG	8,5 meter		
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	3D13-130	3D13-130	3D13-130

TIPE BALOK LANTAI	BALOK SLOOF (S1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. DASAR			
BENTANG	8,5 meter		
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25	4 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-140	2D13-140	2D13-140

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. ATAP			
BENTANG	6,5 meter & 8 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-140	2D13-140	2D13-140

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 3 - LT. 12			
BENTANG	6,5 meter & 8 meter		
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25	4 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 2			
BENTANG	6,5 meter & 8 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-110	2D13-110	2D13-110

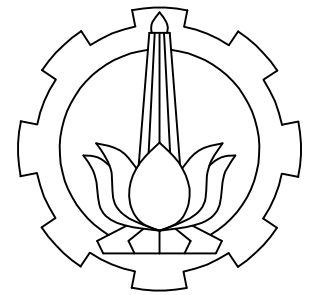
TIPE BALOK LANTAI	BALOK SLOOF (S1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. DASAR			
BENTANG	6,5 meter & 8 meter		
TULANGAN ATAS	2 D 25	2 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-150	2D13-150	2D13-150

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 11 - LT. ATAP			
BENTANG	3 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 6 - LT. 10			
BENTANG	3 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-140	2D13-140	2D13-140

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 2 - LT. 5			
BENTANG	3 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK SLOOF (S1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. DASAR			
BENTANG	3 meter		
TULANGAN ATAS	2 D 25	2 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

## TUGAS

## TUGAS AKHIR TERAPAN

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT.

### NAMA MAHASISWA

KHOIRUNNISA CAHYA A  
3113041037

### KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : HOTEL  
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK  
MUTU BETON : 35 MPa  
MUTU BAJA : 400 MPa

NO

JUMLAH

54

54

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT.11 - LT. ATAP			
BENTANG	5 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK INDUK (B1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. 2 - LT.11			
BENTANG	5 meter		
TULANGAN ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100

TIPE BALOK LANTAI	BALOK SLOOF (S1) 400 X 700		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
LT. DASAR			
BENTANG	5 meter		
TULANGAN ATAS	2 D 25	2 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13-100	2D13-100	2D13-150

TIPE BALOK	BALOK LIFT (BL) 250 X 450		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	2 D 16	2 D 16
	TULANGAN BAWAH	2 D 16	2 D 16
	SENGKANG	2D13-120	2D13-120

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B2) 250 X 450		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	2 D 16	2 D 16
	TULANGAN BAWAH	2 D 16	2 D 16
	SENGKANG	2D13-120	2D13-120

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B4) 300 X 600		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	3 D 19	3 D 19
	TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19
	SENGKANG	2D10-140	2D10-140

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B3) 500 X 700		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	4 D 25	5 D 25
	TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25
	SENGKANG	3D13-90	3D13-90

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B5) 300 X 500		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	3 D 19	3 D 19
	TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19
	SENGKANG	2D10-130	2D10-130

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B5) 300 X 500		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	2 D 13	2 D 13
	TULANGAN BAWAH	2 D 13	2 D 13
	SENGKANG	2D10-200	2D10-200

TIPE BALOK	BALOK BORDES (BB) 250 X 450		
BAGIAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	TULANGAN ATAS	3 D 16	3 D 16
	TULANGAN BAWAH	2 D 16	2 D 16
	SENGKANG	2D10-200	2D10-200



## BIODATA PENULIS



**Khoirunnisa Cahya Anggani**, dilahirkan di Surabaya, 9 September 1995, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK. DWI MATRA Surabaya, SMPN 3 Surabaya, dan SMAN 6 Surabaya. Setelah itu lulus dari SMAN tahun 2013, Penulis mengikuti ujian masuk DIV Reguler ITS dan diterima di departemen Teknik Infrastruktur Sipil tahun 2013 sehingga terdaftar dengan NRP 3113041037. Penulis mengambil Bidang Bangunan

Gedung di Program Studi DIV Teknik Sipil ITS. Penulis sempat aktif di Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Infrastruktur Sipil sebagai Sekretaris Departemen Kewirausahaan pada dua periode yaitu 2014-2015 dan 2015-2016. Penulis juga sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN. Tbk pada proyek Pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar.